

РЕМОНТ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ

Підручник

За редакцією професорів О.І. Сідашенка та О.А. Науменка

Рекомендовано

*Міністерством освіти і науки України
як підручник для студентів вищих навчальних закладів*

Київ
«Агроосвіта»
2014

УДК 631.3(075.8)
ББК 40.72я73
Р38

Гриф надано Міністерством освіти і науки України (лист від 21.06.10 №1/11–545)

Рецензенти:

А.І. Бойко – д. т. н., професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ);
М.А. Подригало – д. т. н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет;
В.Ф. Пащенко – д. т. н., професор, Харківський національний аграрний університет сільського господарства імені В.В. Докучаєва,
М.І. Трегуб – к. т. н., доцент, Білоцерківський національний аграрний університет.

Р38 Сідашенко О.І

Ремонт машин та обладнання : підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]. ; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К. : Агроосвіта, 2014. – 665 с.
ISBN 978-617-7283-01-9

Описано теоретичні основи та загальний технологічний процес ремонту машин та обладнання, технологічні процеси ремонту вузлів, агрегатів і деталей тракторів, автомобілів, сільськогосподарських машин, обладнання для тваринництва і підприємств з переробки сільськогосподарської. Розглянуто питання проектування технологічних процесів.

Для студентів і викладачів інженерних спеціальностей вищих навчальних закладів III–IV рівнів акредитації, магістрів, аспірантів, а також інженерно-технічних працівників підприємств технічного сервісу різних форм власності.

УДК 631.3(075.8)
ББК 40.72я73
ISBN 978-617-7283-01-9
© О.І. Сідашенко, О.А. Науменко,
Т.С. Скобло, О.В. Тіхонов та ін.,
2014

ВСТУП

У будь-якої машини, незалежно від того, працює вона, простоює чи транспортується, змінюються фізико-механічні і геометричні параметри деталей. Водночас знижуються техніко-економічні показники конструкції загалом і настає момент, коли подальша її експлуатація неможлива або стає економічно недоцільною. Тому у процесі експлуатації машина потребує технічного обслуговування для підтримання її технічного стану, а також ремонту для її відновлення.

Надійність і довговічність колісних і гусеничних транспортних засобів та інших видів машин й обладнання також багато в чому зумовлено явищами тертя і зношування, що відбуваються в трибо-системах. Зношування призводить до порушення герметичності вузлів та втрати точності взаємного розташування деталей і переміщень. Як результат виникають заклинювання, удари, вібрації, що призводить до поломок.

Проте, коли машина (або інша техніка) вийшла з ладу, то це ще не означає, що всі деталі та спряження втратили свої якості, оскільки деталі виготовлені з матеріалів із різними фізико-механічними властивостями і мають різну інтенсивність зношування. Застосування системи допусків на розміри, похибка форми та шорсткість поверхонь, показники термічної обробки та інші параметри зумовляють випадковість сприятливих та несприятливих поєднань цих параметрів у спряженнях а, як результат — різні строки служби. Неоднакова напруженість роботи деталей та вузлів, строки служби елементів окремих екземплярів машин мають значні розбіжності внаслідок різноманітних умов роботи.

Відомо, що в разі нормальної інтенсивності використання основні агрегати тракторів виробляють закладений конструкцією ресурс через 3–4 роки за розрахункового строку служби 10 років і більше. Створювати ж техніку, яка не потребуватиме ремонту весь період експлуатації, економічно не виправдано, та й досягти цього у недалекому майбутньому неможливо.

Для ліквідації наслідків зношування проводять поточні і капітальні ремонти, у ході яких зношені деталі і вузли або замінюють, або відновлюють. У процесі експлуатації долають зношування шляхом проведення планових техобслуговувань.

З урахуванням перерахованих обставин, трудовитрати за термін служби машин розподілені таким чином: 1,4% – на виготовлення; 45,4% – на технічне обслуговування; 46% – на поточний ремонт; 7,2% – на капітальний ремонт.

Як показують досліді та практика, з одного боку, ремонту сільськогосподарської техніки уникнути технічно неможливо, а з іншого — він є економічно доцільний. Адже більшість зношених деталей має високу залишкову вартість: у разі їх відновлення витрачається у 20–30 разів менше металу і матеріалів, ніж у разі виготовлення нових. Наприклад, понад 90% деталей, віднесених до категорії цілком непридатних до подальшої роботи, мають знос всього 0,1–0,3 мм за діаметром, тобто втратили менше 0,5–0,1% маси, і після відновлення 65–75% їх загальної кількості практично можна використати вдруге.

Процес якісної зміни речей у природі називають *технологічним процесом*. Технологія – це сукупність методів обробки, виготовлення, зміни стану, властивостей і форм сировини, матеріалу або напівфабрикату для отримання готової продукції.

Технологія ремонту машин тісно пов'язана з технологією машинобудування, зокрема автотракторного і сільськогосподарського. Проте, якщо технологія машинобудування – це галузь науки, яка займається вивченням закономірностей, що мають місце в процесі виробництва машин, то технологія ремонту – це галузь науки, яка займається вивченням закономірностей в процесі зношування і відновлення їх властивостей під час ремонту і технічної експлуатації.

Технологію ремонту машин від технології виробництва відрізняє низка істотних особливостей, які дозволяють віднести її до самостійних наукових напрямів.

Основна особливість технології ремонту машин має відзнаки, що полягають у тому, що вхідним об'єктом у процесі ремонту є не сировина, матеріали і напівфабрикати, як в процесі виробництва, а складові частини машин, які змінили свої розміри або властивості в процесі експлуатації.

Ремонтне виробництво має справу з частково або повністю зношеними деталями машини. Тому наука про технологію ремонту має базуватися на знанні стану деталей і машин, що поступають у ремонт.

Ремонт машин має і такі особливості, як наявність у технологічному процесі операцій з розбирання, миття, дефектації, а також операцій, пов'язаних з відновленням зношених поверхонь і вихідних властивостей деталей. У процесі ремонту техніки використовуються не лише нові деталі, а й відновлені.

Стаючи до ремонту деталей і машин, слід володіти знаннями не лише про технологічні процеси для його здійснення, але і добре знати об'єкт (машину, двигун, агрегат тощо), його конструкцію і особливості використання, а також вимоги ТУ, що ставляться до них. На практиці чимало випадків, коли без знань конструкції і

особливостей експлуатації неможливо визначити причини несправності і тим більше виконати якісний ремонт. Тому об'єкт ремонту слід розглядати не з позицій інженера-конструктора, а з позиції фахівця-ремонтника. Такий підхід дозволить чіткіше аналізувати, а потім і ліквідовувати виниклі несправності машин, їх причини і визначити способи усунення.

Ефективне виконання усіх видів ремонтних робіт і технічного обслуговування сільськогосподарської техніки із застосуванням прогресивних технологій може бути забезпечене широко розвинутою системою наукових, виробничих та інших структур. Тому слід створювати та постійно удосконалювати ремонтно-обслуговуючу базу сільського господарства.

До 1929 р., коли сільськогосподарську техніку використовували у сільськогосподарських кооперативах та на державних сільськогосподарських базах, її обслуговували від випадку до випадку, а ремонтували після закінчення сільськогосподарських робіт.

Після колективізації, коли було створено колгоспи і радгоспи, ремонтно-обслуговуюча база розвивалась відповідно до насичення сільського господарства технікою. Цьому сприяв у тридцятих роках розвиток автотракторного та сільськогосподарського машинобудування. Сільськогосподарські машини та знаряддя були зосереджені на машинно-тракторних станціях (МТС), які виконували основні механізовані сільськогосподарські роботи за договорами з колгоспами і радгоспами, а також технічне обслуговування і ремонт власної техніки згідно з розробленою планово-попереджувальною системою.

У роки Великої Вітчизняної війни ремонтно-обслуговуючу базу в Україні було сильно зруйновано. Із 1946 р. почався період її відновлення: будували ремонтні майстерні МТС, які оснащували необхідним технологічним обладнанням.

У 1958 р. сільськогосподарську техніку МТС передали колгоспам і радгоспам, яким довелося будувати майстерні для виконання нескладних ремонтних та обслуговуючих робіт. А МТС було перетворено на ремонтно-технічні станції.

У 1961 р. функції керівництва ремонтно-обслуговуючою базою від Міністерства сільського господарства були передані Всесоюзному об'єднанню «Союзсільгосптехніка», яке функціонувало на всіх адміністративно-територіальних рівнях (союз, республіка, область, район). У цей період було створено Державний союзний науково-дослідний технологічний інститут ремонту та експлуатації тракторів і сільськогосподарських машин (ГОСНИТИ), який, зокрема, розробив типову технологію ремонту тракторів і сільськогосподарських машин. В Україні функціонував філіал цього інституту.

До 1970 р. склалася певна система організації ремонту сільськогосподарської техніки, за якої капітальний ремонт машин та їх агрегатів, а також централізоване відновлення деталей здійснювали на спеціалізованих ремонтних підприємствах, а поточні ремонти та технічне обслуговування – у майстернях господарств (колгоспів і радгоспів).

У 1978 р. ВО «Союзсільгосптехніка» реорганізовано у Державний комітет з виробничо-технічного забезпечення сільського господарства («Держкомсільгосптехніка»), а у 1979 р. від нього відокремлено управління з відновлення деталей «Ремдеталь» із науково-дослідними, проектно-технологічними та виробничими підрозділами.

Незважаючи на численні виробничо-структурні перетворення у сфері технічного обслуговування та ремонту техніки, до 80-х років минулого сторіччя високоефективної діяльності ремонтно-обслуговчої бази забезпечити не вдалося: міжремонтний ресурс тракторів становив 45–50% ремонтного, простої тракторів у ремонті досягали 30% календарного часу, дефіцит запасних частин практично не зменшувався, спеціалізовані підприємства здебільшого не забезпечували нормативної довговічності відновлених деталей.

Переорієнтація економічної політики України на введення ринкових відносин і розвиток різних форм власності в усіх галузях господарювання неминуче зумовили зміни і в структурі існуючої ремонтно-обслуговуючої бази, її організації, управлінні, технології виробництва, ремонті і обслуговуванні сільськогосподарської техніки. Для суттєвого підвищення рівня її технічного обслуговування та ремонту виявилися необхідними, щонайменше дві умови: по-перше, технічне обслуговування і ремонт мають розглядатися не як щось другорядне, а як невід'ємна частина, певна стадія процесу механізації сільськогосподарського виробництва, по-друге, взаємини між виробником та споживачем сільськогосподарської техніки мають будуватися на основі пріоритетності споживача.

Зарубіжний досвід у галузі обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки та відповідні досягнення вітчизняних виробничих й інших структур указують на шляхи розвитку ремонтно-обслуговуючої бази сільського господарства в Україні у нових економічних умовах. Зокрема, йдеться про створення системи обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки за прямою участю підприємств-виробників (фірм-виготівників), тобто про технічний сервіс у широкому розумінні.

Треба зауважити, що досвід розвинутих країн у цих питаннях досить різноманітний, але принципово загальним є саме системний підхід. Система складається із трьох підсистем: виробництво сільськогосподарської техніки – технічний сервіс – користувач сіль-

ськогосподарською технікою. Взаємозв'язок між підсистемами як загалом, так і всередині їх будується на економічній основі. Фірм-виготівник, як правило, бере на себе всю відповідальність за організацію технічного сервісу протягом усього періоду експлуатації техніки (фірмовий сервіс). Пріоритет за третьою підсистемою – користувач сільськогосподарською технікою.

Технічний сервіс як підсистема включає в себе багато структурних елементів: підприємства з технічного обслуговування і ремонту машин і обладнання, виробництва з відновлення деталей, служби забезпечення запасними частинами і матеріалами, інформаційна і рекламна служби, організація з підготовки кадрів тощо. Ефективне функціонування такої підсистеми забезпечує можливість безперебійної і економічної експлуатації сільськогосподарської техніки і обладнання.

Таким чином, виробництво – технічний сервіс – користувач мають розглядатися взаємозв'язано, як єдина система, в якій збій однієї з підсистем призводить до розрегулювання всієї системи. Така система з добре налагодженим зворотним зв'язком сприяє науково-технічному прогресу у всіх трьох підсистемах.

Взагалі іноземні фірми приділяють технічному обслуговуванню і ремонту раніше випущених машин не менше уваги, ніж виробництву нових. Про це свідчать швидкі темпи виготовлення засобів обслуговування і ремонту. У технологічних процесах ремонту агрегатів і машин, а також відновлення деталей закладаються такі рішення, які забезпечують високу якість і надійність відремонтованої техніки, а ресурс відновлених деталей – не нижче нових.

Існуюча ремонтно-обслуговуюча база сільського господарства в Україні нині перебудовується для функціонування в умовах ринкової економіки та конкуренції за напрямком створення розглянутої вище єдиної системи: виробництво – технічний сервіс – користувач.

Під час підготовки цього підручника використано вітчизняний і зарубіжний досвід з ремонту техніки, відповідні наукові розробки, а також результати фундаментальних наукових досліджень, виконаних та впроваджених у навчальний процес за участю авторів. Матеріал, викладений відповідно до навчальної програми, сприятиме якісній і цілеспрямованій підготовці фахівців з питань ремонту машин та обладнання.

Матеріали, наведені в цьому підручнику, можуть бути корисними не тільки для студентів і викладачів інженерних спеціальностей вищих навчальних закладів III–IV рівнів акредитації, магістрів, аспірантів, а також для широкого кола інженерних та технічних працівників машинобудівних підприємств та майстерень технічного сервісу різних форм власності.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ

1.1. Предмет і зміст технології ремонту машин та обладнання як наукової дисципліни

Процес якісної зміни предметів природи називається *технологічним процесом*. *Технологія* ж — це сукупність методів обробки, виготовлення, зміни стану, властивостей і форми сировини, матеріалу або напівфабрикату для одержання готової продукції.

Технологія ремонту машин тісно зв'язана з технологією машинобудування (зокрема автотракторного і сільськогосподарського). Але якщо технологія машинобудування — це галузь науки, яка займається вивченням закономірностей, діючих у процесі виготовлення машин, то технологія ремонту — це галузь науки, яка займається вивченням закономірностей у процесі їх ремонту.

Технологію ремонту машин від технології їх виготовлення відрізняє низка суттєвих особливостей, які дозволяють виділити її серед інших наук як самостійну.

Основна особливість технології ремонту машин полягає в тому, що вихідним об'єктом під час ремонту є не сировина, матеріали і напівфабрикати, як під час виготовлення, а складові частини самих машин, які змінилися у період їх використання і у зв'язку з цим вичерпали свій ресурс або мають деякий його запас. Ремонтне виробництво має справу з цілком або частково зношеними і несправними деталями машин. У зв'язку з цим наука про технологію ремонту машин має ґрунтуватися на точному уявленні про стан машин та їх складові частини, які надходять у ремонт. Технологія ремонту машин має й такі особливості, як наявність у технологічному процесі розбиральних і контрольних операцій, а також операцій з відновлення початкових властивостей несправних деталей. У процесі складання використовують не тільки нові деталі, але й деталі частково зношені (придатні без ремонту) і відновлені.

Отже, предмет наукової дисципліни «Технологія ремонту машин» — це способи впливу на несправні складові частини машин відповідних знарядь виробництва для реалізації (використання) їх залишкової довговічності і відновлення справності машин за найменших затрат праці та коштів. Головними завданнями технології ремонту машин як науки є вивчення закономірностей зміни стану елементів машин у процесі експлуатації та впливу на залишкову довговічність, закономірностей виконання — технологічних

процесів під час ремонту машин і виявлення параметрів, діючи на які, можна підвищити якість і ефективність ремонту.

Науково обгрунтоване рішення завдань базується на відповідних наукових дослідженнях, до яких належать:

- дослідження процесів, що викликають втрату працездатності складників машин (агрегат, вузол, механізм, з'єднання, деталь), і факторів, які впливають на підвищення їх інтенсивності. Практичним результатом досліджень є розробка способів зниження інтенсивності дії шкідливих процесів, тобто розробка способів підвищення надійності машин;

- дослідження загальних закономірностей зношування деталей за часом з метою оцінювання показників надійності машин і обладнання і розробка на їх основі конструкторсько-технологічних заходів, спрямованих на підвищення надійності машин;

- теоретичне і експериментальне обгрунтування параметрів, які характеризують технічний стан зношених деталей і можливість їх подальшого використання без ремонту або необхідність ремонту. До таких параметрів належать розміри, похибки форми і взаємного розміщення робочих поверхонь, зазори у спряженнях тощо. На основі результатів досліджень розробляють технічні вимоги на контроль деталей під час ремонту. Їх також використовують як вихідні дані для розрахунку потреби у запасних частинах, визначення номенклатури і обсягів відновлення деталей;

- дослідження, пов'язані з удосконаленням технологічних процесів, які застосовують під час ремонту деталей і машин.

Технологію ремонту машин відносять до прикладних наук, об'єктом яких є машини, верстати, обладнання, механізми та інші технічні пристрої. Вона спирається на положення теорії тертя, мащення, зношування, старіння і надійності машин.

Завдяки таким ученим, як В.В. Єфремов, В.І. Казарцев, Б.І. Костецький, І.В. Крагельський, І.С. Левитський, В.В. Селіванов, І.Є. Ульянов та ін., багато питань з технології, а також організації ремонту машин одержали теоретичні обгрунтування. Це дало можливість вирішити практичні проблеми в галузі технології і організації ремонтного виробництва.

1.2. Зміна технічного стану машин і виникнення дефектів деталей

Під час конструювання і виробництва машин закладаються певні експлуатаційні показники, які забезпечують виконання машиною заданих функцій, тобто задаються функціональні, а також інші її якісні властивості, які оцінюються відповідними параметра-

ми. До функціональних параметрів можна віднести, наприклад, тягове зусилля трактора, потужність двигуна, питому витрату палива; для сільськогосподарських машин — глибину оранки, рівномірність висіву тощо.

У процесі експлуатації машини на її елементи (спряження і деталі) діють шкідливі явища і руйнівні процеси, які призводять до погіршення функціональних властивостей, змінюючи їх технічний стан. Рівень технічного стану машини характеризує її здатність (або нездатність) виконувати задані функції і оцінюється зіставленням фактичних значень параметрів із заданими у технічній документації.

Руйнівні процеси пов'язані з робочим процесом, який виконує машина, зовнішнім середовищем, природою матеріалу тощо.

До основних видів руйнівних процесів можна віднести: тертя і зношення деталей, пластичне деформування, явище втомлюваності, корозію.

Під час роботи машини мають місце шкідливі явища і процеси, які створюють напружені режими функціонування окремих складових її частин, особливо двигуна. Наприклад, відкладання накипу і нагару, а також вібрація сприяють підвищенню інтенсивності руйнівних процесів, які погіршують технічний стан деталей.

Крім того, деталям машин властиве старіння — самостійний перехід матеріалу з нестабільного стану у стабільний. Воно пов'язане з переміщенням атомів у металі, тобто зі зміною кристалічної структури матеріалу. У випадку старіння має місце деформація деталей, особливо відчутна для великогабаритних, складних за конструкцією і відповідальних деталей. Ось чому під час виробництва машин такі деталі, як блок циліндрів двигуна і корпуси агрегатів трансмісії, піддають попередньому (до обробки) природному (на повітрі) або штучному (прискореному за рахунок підвищення температурних умов) старінню з тим, щоб після механічної обробки не було деформацій, які спричиняють похибки в геометрії оброблених поверхонь.

Старіння полімерів є процесом деструкції, тобто розпаду макромолекул під впливом різних факторів (температури, світла). Внаслідок старіння деталі з полімерних матеріалів втрачають свої фізико-механічні властивості, головним чином еластичність, внаслідок чого не можуть виконувати своїх службових функцій. Складний та багатофакторний процес фізичного старіння машин та іншої сільськогосподарської техніки — неминучий і об'єктивний, безперервний і природний, хоча інтенсивність його виявлення здебільшого залежить від якості самих машин, їх технічного обслуговування в процесі експлуатації, якості ремонту, тобто пов'язаний зі сферою виробництва, експлуатації і ремонту.

Діючи на деталь, руйнівні процеси змінюють її розміри, форму та фізико-механічні властивості, утворюють різні дефекти, призводять до несправності вузлів, агрегатів і машин (рис. 1.1).

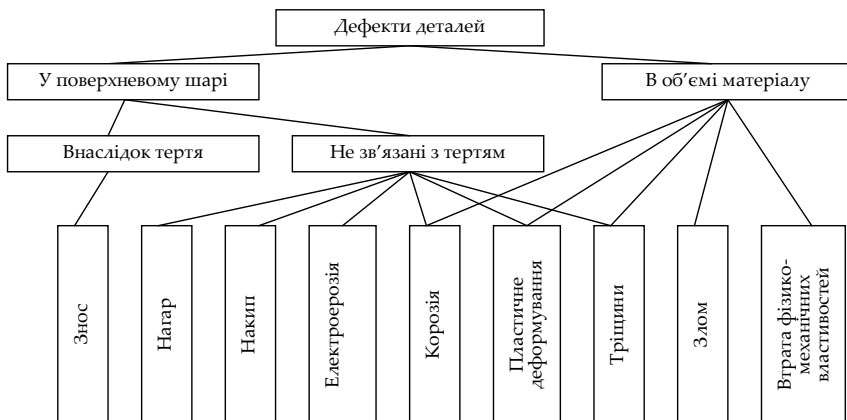


Рис. 1.1 Класифікація дефектів деталей машин

1.3. Основи науки про тертя та зношування

Значущість трибології в останні десятиліття незмінно підвищується. Термін трибологія, який походить від грецького «трибос», що означає тертя, було визначено як «наука і технологія взаємодії поверхонь, що знаходяться у відносному русі, а також зв'язані з цим явища та їхні практичні наслідки». Вона стосується найрізноманітніших сфер діяльності людини, але особливу важливість придбала з необхідністю підвищення зносостійкості машин, приладів, устаткування, інструментів, робочих органів та інших виробів, а також зниження втрат на тертя при їх використанні. Вирішення завдань із застосування досягнень трибології носить яскраво виражений міжгалузевий характер і здійснюється на державному рівні в багатьох високорозвинених у науково-технічному плані країнах.

Приклад економічної значущості цього напрямку висловив у своїй статті проф. П. Джост: «Звіт DES констатує, що тільки в Сполученому Королівстві Великої Британії можна було б заощадити 515 млн. фунтів стерлінгів (за оцінюванням 1965 р.) якби більше уваги приділялося трибології. Досвід останніх 22 років показав, що ця цифра, яка становить близько 1% валового національного доходу

ду, значно занижена. Тепер вважають, що належна увага до трибології, особливо на стадії вивчення, використання і наукових досліджень, могло б дати економію засобів від 1,3 до 1,6% валового національного доходу. І ще важливіше те, що перші 20% такої економії можна одержати без значних капітальних вкладень».

У багатьох офіційних дослідженнях, значно більш широких, ніж у Великій Британії, наприклад, у Німеччині, Канаді, Китаї та деяких інших країнах, у кожному окремому випадку підтверджувалася справедливність розміру зазначеної економії від валового національного доходу.

Важко навести приклади економічних втрат в Україні, тому що їх немає. На жаль, у провідних конструкторських бюро і підприємствах, що займаються проектуванням і виготовленням складних агрегатів, бракує фахівців-трибологів, які вирішують перераховані завдання методом «проб і помилок», шляхом стендових випробувань, що малоефективно і не економічно. Виходячи з цього можна констатувати, що розвиток і реалізація потенціалу фундаментальних і прикладних знань з трибології в багатьох випадках відстають від потреб науково-технічного прогресу, а наявні знання не до кінця використовують провідні конструкторські організації через відсутність фахівців у цій сфері. Тому останні два-три десятиліття в усіх промислово розвинених країнах спостерігається посилена увага до проблем тертя і зношування, шкідливі наслідки яких оцінюються значними витратами коштів щорічно.

1.3.1. Структура трибології

Аналіз наукових публікацій та тематики великих комплексних і спеціалізованих науково-технічних конференцій останніх років дає підставу виділити в сучасній трибології, як сфері знань, та її додатках, шість найважливіших перспективних галузей (рис. 1.2): трибоаналіз (теоретичні положення трибомеханіки, трибофізики і трибохімії); трибоматеріалознавство (вивчення триботехнічних матеріалів і управління їх властивостями); триботехнологія (технологічні методи управління фрикційними характеристиками рухомих спряжень); триботехніка (сукупність технічних засобів, що піддаються впливу тертя і зношування); трибомоніторинг (засоби і методи діагностики, контролю і випробувань трибосистем); трибоінформатика (засоби і методи обробки, збереження і передання трибологічної інформації).

Трибоаналіз – найважливіший розділ трибології, що охоплює проблеми накопичення і систематизації наукової інформації про фундаментальні дослідження основних фрикційних процесів, а та-

кож побудови моделей цих процесів з метою прогнозування результатів контактної взаємодії твердих тіл у заданих умовах. Трибоаналіз є базисом для побудови і розвитку п'яти галузей науки трибології, що залишилися, і має на меті побудову моделей процесів для практичного використання результатів у реальних конструкціях трибосистем.

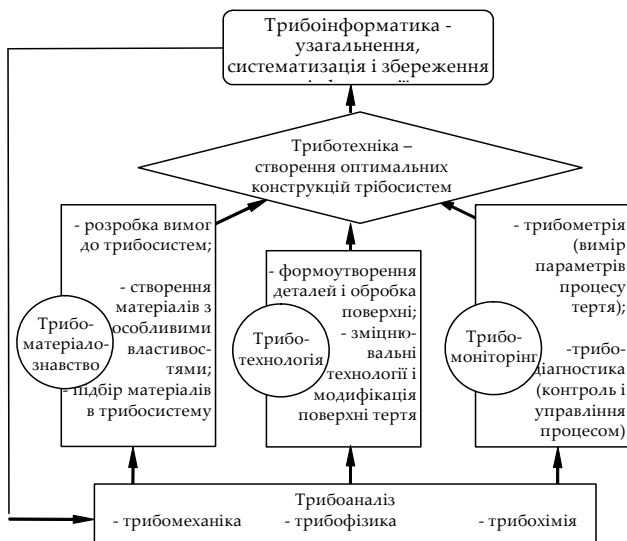


Рис. 1.2 Структура науки «Трибологія»

Триботехнічне матеріалознавство (трибоматеріалознавство) становить специфічний розділ науки про матеріали для трибосистем.

Трибоматеріалознавство є сполучною ланкою між результатами теоретичних досліджень, проведених у сфері трибоаналіза і комплексом знань, втілюваних у триботехніці у вигляді реальних конструкцій трибосистем.

Ще 30–40 років тому метали та їх сплави відігравали роль основних матеріалів для трибосистем. В останні роки їх активно витісняють, насамперед, різноманітні композити, але в багатьох випадках зберігають своє значення і продовжують удосконалювати. Тому метою цієї галузі є розробка вимог до матеріалів для трибосистем, технологій створення таких матеріалів, основ їхнього підбору у трибосистемі і аналіз закономірності їхньої роботи. Вищевикладене стосується різних мастильних матеріалів (твердих; рідких; газоподібних і пластичних).

Триботехнологія як і трибоматеріалознавство, є сполучною ланкою між трибоаналізом і реальними конструкціями трибосистем і охоплює два великих напрями прикладної трибології: по-перше – вивчення триботехнічних аспектів формування деталей, обробки матеріалів руйнуючими і деформуючими способами; по-друге – вивчення і розробка методів досягнення необхідних триботехнічних властивостей поверхонь тертя за рахунок застосування зміцнюючих технологій і нанесення спеціальних покриттів.

Варто підкреслити, що особливо важливою технологічною характеристикою поверхні тертя є шорсткість та її орієнтація відносно напрямку переміщення тертьових тіл. Вона визначає коефіцієнт тертя, знос, контактну твердість, час припрацювання, фактичну площу контакту, і його тепло- і електропровідність. Оптимальний вибір технологічної шорсткості, її орієнтації на деталях дає значне скорочення часу припрацювання виробів і зменшення зносу на цьому етапі. У разі неправильного урахування цих факторів знос за час припрацювання виробу може досягати величин, що дорівнюють зносу за весь період експлуатації.

Трибомоніторинг – самостійна галузь трибології, яка, ґрунтуючись на трибоаналізі, має використовуватися як на етапі випробувань і доопрацювань трибосистем, так і на етапі їхньої експлуатації. Трибомоніторинг включає такі два напрямки – трибометрію і трибодіагностику.

Трибометрія охоплює методи і засоби вимірювання основних параметрів процесу тертя і є найважливішим елементом усіх видів експериментальних, модельних і натурних досліджень трибосистем.

Трибодіагностика як сукупність методів і засобів безперервного контролю і керування станом фрикційних параметрів деталей і трибосистем машин – одна з наймолодших напрямів забезпечення створення сучасної і надійної триботехніки. Водночас застосування трибометрії і трибодіагностики на модельних і реальних конструкціях дозволяє забезпечити створення оптимальної конструкції вузла тертя, визначити можливі сфери її функціонування і спрогнозувати ресурс. Наявність вбудованих систем контролю на реальних конструкціях призводить до значного скорочення матеріальних засобів у процесі експлуатації і ремонту машин та механізмів.

До кола проблем моніторингу включають все більше завдань з усіх сфер трибоаналіза, трибоматеріалознавства, триботехнології, тому що всі вони служать для створення надійних і довговічних трибосистем, тобто є основою для розвитку триботехніки і трибоінформатики.

Триботехніка як прикладна галузь трибології охоплює кінцеву стадію процесу створення трибосистем, акумулюючи в них новітні

досягнення трибоаналізу, трибоматеріалознавства, триботехнології і трибомоніторингу в методах розрахунку і конструювання.

Однак досвід показує відставання в багатьох випадках практичних застосувань триботехніки від рівня досягнутих результатів наукових досліджень, з одного боку, і неготовність трибоаналізу дати відповіді на багато питань конструкторів і технологів – з іншого. Дотепер немає надійних модельних схем і критеріїв переходу від простих схем випробувань на тертя і зношування до реальних трибосистем. Це призводить до того, що в конструкцію закладаються завищені запаси «незнання», які нерідко зводять до мінімуму використання досягнень у галузі трибоматеріалів і триботехнології.

Значні резерви підвищення працездатності техніки закладені в удосконаленні конструктивних рішень трибосистем.

Трибоінформатика є замикаючою ланкою в наукових дослідженнях і практичних додатках трибології. Метою трибоінформатики є одержання, узагальнення, збереження і використання інформації, отриманої у всіх вищеперерахованих галузях трибології. Цю інформацію мають широко використовувати вчені-трибологи в процесі аналізу, створення нових матеріалів і технологій для трибосистем, розробки методик діагностування. Використання такої інформації на етапі проектування дозволить конструктору приймати правильні рішення під час створення нових конструкцій.

1.3.2. Загальні поняття та основні терміни

Згідно з ДСТУ 2823–94 «Зносостійкість виробів тертя, зношування та мащення. Терміни та визначення» використовуються такі поняття.

Абразивне зношування – механічне зношування внаслідок дії твердих тіл або твердих частинок, які ріжуть чи дряпають поверхню матеріалу.

Адгезійне зношування – зношування внаслідок локального з'єднання двох твердих третьових тіл та глибинного виривання матеріалу з їхніх поверхневих шарів.

Адгезія в умовах тертя; адгезія – явище локального з'єднання двох твердих тіл, яке відбувається внаслідок дії молекулярних сил під час тертя.

Газове, рідинне, тверде мащення – мащення, в умовах якого розділення поверхонь тертя тіл, що рухаються одне відносно одного, відбувається за рахунок газоподібного, рідкого, твердого мастильного матеріалу.

Гідроабразивне, газоабразивне зношування – абразивне зношування внаслідок дії твердих тіл або твердих частинок, що їх переносить потік рідини.

Гідродинамічне (газодинамічне) мащення – рідинне (газове) мащення, в умовах якого повне розділення поверхонь тертя відбувається за рахунок тиску, що самовільно виникає в шарі рідини (газу) під час руху поверхонь одна відносно другої.

Гідроерозійне (газоерозійне) зношування – механічне зношування внаслідок дії потоку рідини (газу).

Гідростатичне (газостатичне) мащення – рідинне (газове) мащення, в умовах якого повне розділення поверхонь тертя тіл, які перебувають у стані відносного руху чи спокою, відбувається за допомогою рідини (газу), що подається під зовнішнім тиском у проміжок між поверхнями тертя.

Граничне мащення – мащення, в умовах якого тертя та зношування поверхонь, що рухаються одна відносно одної, визначаються їх властивостями, а також тими властивостями мастильного матеріалу, які відрізняються від об'ємної в'язкості.

Електроерозійне зношування – зношування матеріалу внаслідок дії на поверхню тертя електричних розрядів.

Еласто-гідродинамічне мащення – мащення, в умовах якого характеристики тертя і товщина плівки рідкого мастильного матеріалу між двома поверхнями, що рухаються одна відносно одної, визначаються пружними властивостями матеріалів поверхонь тертя, а також реологічними властивостями мастильного матеріалу.

Елемент трибосистеми (трибоелемент) – тіла, що перебувають у контакті, а також мастильний матеріал і навколишнє середовище, які беруть безпосередню участь у процесі тертя.

Інтенсивність зношування – відношення величини зносу до шляху тертя, вздовж якого відбувалося зношування.

Заїдання – нестаціонарний стан трибосистеми, який характеризується саморозвитком процесу зростання сили тертя і пошкодження поверхонь тертя внаслідок адгезії переносу матеріалу.¹

Зовнішнє тертя (тертя) – явище опору відносному переміщенню, яке виникає між двома тілами в зонах контакту їх поверхонь, тангенціально до них.

Зношування – процес відокремлювання матеріалу від поверхні тертя твердого і (чи) збільшення його залишкової деформації в умовах тертя, що виявляється у поступовому змінюванні розмірів, форми і (чи) маси тіла.

¹ Заїдання може викликати припинення відносного руху.

Знос – наслідок зношування, визначений у прийнятих одиницях: довжини, об'єму, маси тощо.

Зносостійкість – властивість матеріалу чинити опір зношуванню у певних умовах тертя, яка оцінюється величиною, оберненою до швидкості зношування чи інтенсивності зношування.

Змащування – підведення і (або) нанесення мастильного матеріалу до (на) поверхні тертя

Змішане мащення – мащення, під час застосування якого відбувається частково гідродинамічне, частково граничне мащення.

Кавітаційне зношування – механічне зношування в умовах руху твердого тіла в рідині, під час якого бульбашки газу руйнуються біля поверхні, що призводить до створення локального високого ударного тиску чи високої температури.

Коефіцієнт зчеплення – відношення найбільшої сили тертя спокою до нормальної сили, що притискує тіла одне до одного.

Коефіцієнт тертя – відношення сили тертя до нормальної сили, що притискує тіла одне до одного.

Мастильний матеріал – матеріал, який підводять (наносять) до поверхні тертя для зменшення сили тертя і (чи) зносу.

Мастильна здатність – властивість мастильного матеріалу знижувати знос і силу тертя.

Мащення – дія мастильного матеріалу, як результат – зменшується знос, пошкодження поверхні і (чи) сили тертя.

Механічне зношування – зношування матеріалу внаслідок механічних впливів під час тертя.

Механохімічне зношування – зношування матеріалу внаслідок механічних впливів під час тертя, що супроводжуються хімічною і (чи) електрохімічною взаємодією матеріалу зі середовищем.

Найбільша сила тертя спокою – сила тертя спокою, перевищення якої призводить до виникнення переміщення одного тіла на поверхні іншого.

Окислювальне зношування – механохімічне зношування, під час якого переважає хімічна реакція матеріалу з киснем чи окисним середовищем.

Перенос матеріалу – явище, яке виникає під час тертя твердих тіл і полягає в тому, що матеріал першого тіла з'єднується з другим і, відокремлюючись від першого, залишається на поверхні другого.

Поверхня тертя – поверхня тіла, що бере участь у процесі тертя.

Попереднє зміщення – відносне мікрозміщення двох твердих тіл у момент переходу від стану спокою до відносного руху.

Припрацювання – процес переходу трибосистеми до стаціонарного стану, зумовлений зміною геометрії поверхонь тертя, складу та фізико-механічних властивостей поверхневих шарів тертьових тіл, а також фізико-хімічних властивостей мастильних матеріалів.

Припрацьовуваність – властивість матеріалів тертьових тіл у процесі припрацювання змінювати геометрію поверхонь тертя та фізико-механічні властивості поверхневих шарів, внаслідок чого відбувається зменшення сили тертя і зносу.

Прострибування – явище, що полягає в самочинному чергуванні і спокою або в чергуванні збільшення і зменшення відносної швидкості ковзання під час тертя руху.²

Пристосовуваність – властивість трибосистеми в умовах зовнішнього впливу змінювати і стійко відтворювати свою структуру в енергетично вигідному напрямку.

Стійкість заїдання – властивість трибосистеми працювати без заїдання під навантаженням.³

Сила тертя – сила, що чинить опір відносному переміщенню одного тіла на поверхні іншого під дією зовнішньої сили, і яка спрямована тангенційно до спільної границі між цими тілами.

Стале тертя – стаціонарний стан трибосистеми, який характеризується динамічною рівновагою та саморегулюванням процесів у трибосистемі, в якому характеристики тертя і зношування залишаються сталими.

Структура трибосистеми – елементи трибосистеми, їхні властивості і зв'язки між ними, що виникають у процесі тертя.

Сумісність в умовах тертя – властивість матеріалів тертьових тіл і мастильного матеріалу разом забезпечувати задані характеристики тертя і зношування та запобігати адгезії в умовах тертя.

Теплостійкість в умовах тертя – властивість трибосистеми працювати без заїдання під час розігрівання.⁴

Тертя кочення – тертя руху, під час якого швидкості тіл однакові за величиною і напрямком, принаймні, в одній точці зони контакту.

Тертя кочення з проковзуванням – тертя руху двох тіл з одночасним тертям кочення і ковзання в зоні контакту.

Тертя ковзання – тертя руху, під час якого швидкості тіл у точках дотику відрізняються за величиною і (чи) напрямком.

² Прикладом може бути рух, що виникає внаслідок автоколивань під час зниження коефіцієнта тертя з підвищенням швидкості ковзання.

³ Характеризується значенням навантаження, перевищення якого призводить до заїдання.

⁴ – Характеризується значенням температури, яка виникає у трибоелементі в наслідок зовнішнього підведення тепла і (чи) тепла, що утворюється в процесі тертя, перевищення якої призводить до заїдання.

Тертя руху – тертя двох тіл, що рухаються одне відносно одного.

Тертя спокою – тертя двох тіл за відсутності їх руху одне відносно одного.

Трибологія – наука про явища і закономірності тертя, зношування, мащення та взаємодії двох тіл під час їх переміщення одне відносно одного.

Триботехніка – сукупність знань про методи і засоби, які використовуються у прикладних галузях трибології.

Трибосистема – сукупність усіх трибоелементів, що беруть участь у терті і зношуванні, їхніх властивостей і зв'язків, параметрів, які впливають ззовні на трибоелементи, а також характеристики тертя та зношування.

Утомне зношування – механічне зношування внаслідок руйнування від втоми в умовах багаторазового деформування мікрооб'ємів матеріалу поверхневого шару.

Фретингове зношування – механічне зношування тіл, що перебувають у контакті, в умовах малих коливальних відносних їх переміщень.

Фретинг-корозійне зношування – механохімічне зношування тіл, що перебувають у контакті, в умовах їх малих коливальних відносних переміщень.

Швидкість ковзання – різниця між швидкостями тіл у точках їх дотику в умовах ковзання.

Шлях тертя – відстань, яку проходить точка поверхні тертя одного тіла на поверхні іншого тіла.

1.3.3. Молекулярно-механічна теорія тертя

Адгезійна теорія тертя заснована на висунутому Ф. Боуденом і Д. Тейбором положенні про те, що містки, які вступають у контакті нерівності, утворюють «містки зварювання» завдяки адгезії на плямах їхнього контакту. Сила тертя F зумовлена опором руйнуванню цих містків за відносного переміщення контактуючих тіл:

$$F = \frac{\tau}{c \sigma_m} N, \quad (1.1)$$

де τ – напруження зрізу містків зварювання;

c – стала, що приблизно дорівнює 3;

σ_m – границя плинності більш м'якого матеріалу пари тертя;

N – навантаження на деталях.

Залежно від властивостей контактуючих матеріалів зріз містків зварювання може відбуватися вздовж границі розділу нерівностей або на більш м'якому матеріалу. Зі збільшенням нормального навантаження ростуть пластична деформація контактуючих виступів і зближення тіл тертя. Як результат – збільшуються розміри і кількість "містків зварювання", що супроводжуються зростанням сили тертя. Отже, сила тертя зростає пропорційно площі фактичного контакту, або навантаженню.

Молекулярну теорію тертя уперше запропонував І. Дезагюльє в 1734 р., а розвиток почався в XX ст. у працях В. Гарді, Г. Томлінсона, Б.В. Дерягіна. В її основі лежить положення про те, що тертя обумовлене силами міжмолекулярної або міжатомної взаємодії контактуючих тіл. Під час тертя молекули, розташовані на вершинах нерівностей, що вступають у контакт, зближаються настільки, що виникають сили взаємного відштовхування. З їх віддаленням, викликаним зсувом тіл під час тертя, виникають сили притягання, які перешкоджають розриву утворених зв'язків. Сукупність таких взаємодій між парами молекул контактуючих виступів обумовлює опір взаємному переміщенню тертьових тіл. Таким чином, під час ковзання поверхонь відбувається неперервна зміна пар молекул, що врівноважують нормальний тиск, який супроводжується розсіюванням енергії. Сила тертя розраховується за формулою Б.В. Дерягіна:

$$F = f(N + p_g A_r), \quad (1.2)$$

де f – коефіцієнт тертя;

p_g – рівнодіюча сила молекулярного притягання на одиницю площі фактичного контакту;

A_r – площа фактичного контакту.

Молекулярно-кінетична теорія тертя розроблена Г.М. Бартневим на основі гіпотези про природу тертя гуми, запропонованої А. Шаломаном. Сутність її полягає в тому, що ланцюг макромолекули контактує з поверхнею сполученого тіла в цій точці обмежений час, а потім перескакує в іншу точку.

За відсутності зовнішньої сили імовірність перескоку ланцюга в будь-якому напрямку однакова, а величина тангенціальної сили знижує потенційний бар'єр і збільшує імовірність перескакування в напрямку вектора швидкості. Сила тертя в цьому випадку зростає зі збільшенням швидкості ковзання, кількості ланцюгів молекул, які знаходяться в контакті з тілом, що з'єднується, енергетичного бар'єра, а також залежить від температури і молекулярних констант полімеру.

Надалі цю теорію розвинув А.В.Рогачов, який запропонував релаксаційну модель тертя полімерів по металу. Встановлено, що сила тертя визначається кількістю адгезійних зв'язків N_a і активних центрів молекул N , здатних утворити такий зв'язок за зустрічі з активною ділянкою поверхні металу. Числа N_a і N залежать від концентрації активного наповнювача в композиційному матеріалі, а також від швидкості і спрямованості протікання трибохімічних реакцій на плямах фактичного контакту, що сприяють зміні кількості активних центрів молекул.

Молекулярно-механічну теорію тертя розробив І.В.Крагельський. Відповідно до цієї теорії, тертя має двоїсту природу: молекулярну і механічну, тобто тертя обумовлене подоланням сил молекулярної взаємодії, на плямах фактичного контакту і опором деформованого матеріалу переміщенню j . Отже, сила тертя F має складатися з молекулярної F_a і механічної F_d складових.

Сили молекулярної взаємодії на плямі контакту спричиняють утворення фрикційних зв'язків. Для відносного переміщення контактуючих тіл слід подолати сили молекулярної взаємодії і розрив молекулярних зв'язків. У міру переміщення нерівності розривів одних (старих) зв'язків утворюються інші. Отже, тертя являє собою безперервний процес руйнування і поновлення молекулярних зв'язків на фактичних плямах контакту A_r . Очевидно, що більше кількість плям контакту й їхні розміри, то вищим має бути зусилля, необхідне для відносного переміщення контактуючих тіл. Отже, сила тертя $F_a \sim A_r$.

Друга складова сили тертя (деформаційна) зумовлена опором деформування матеріалу, що прилягає до впроваджених нерівностей рухомого трибоелемента. Проникнувши в поверхневий шар одного тіла, жорстка мікронерівність іншого тіла, у разі збільшення дотичного навантаження, деформуватиме цей шар. Перед нерівністю утворюється хвиля (валик) деформованого матеріалу, а по краях матеріал відтискується в боки. Під нерівністю матеріал підминається, утворюючи канавки, глибина яких становить частки мікрометра. Сила опору переміщенню контртіла, зумовлена деформуванням матеріалу поверхневого шару мікронерівностями, являє собою механічну складову сили тертя F_d , яка залежить від N , $F_d \sim N$.

Основні закономірності контактної взаємодії згідно з молекулярно-механічною теорією тертя. Розглянемо закономірності контактування поверхонь тертя з моменту зрушування елементів тертя.

Сили тертя спокою (F_n) називають зсувним зусиллям, що прикладається до контактуючих тіл і не викликає їхнього взаємного ковзання (рис. 1.3а). При цьому взаємне переміщення (L_n) досягається за рахунок деформації матеріалу виступів шорсткості в зоні контакту і називається попереднім зсувом. Деформування носить

переважно пружний характер і зникає у разі зняття зусилля, що зрушує. Однак зі зростанням зусилля, що зрушує, попередній зсув набуває пластичного характеру і стає частково необоротним. На рис. 1.3, показано граничну величину попереднього зсуву (L_{nm}) і відповідно граничне значення сили тертя спокою, що називають статичною силою тертя. За подальшого збільшення переміщення починається ковзання.

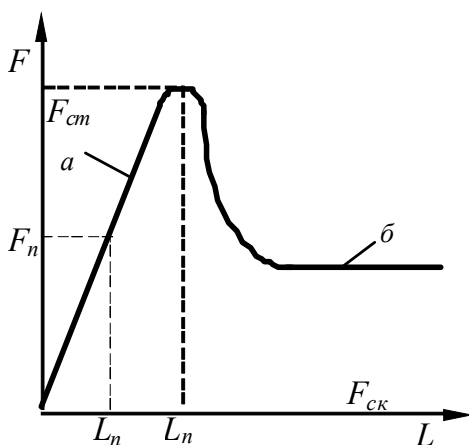


Рис. 1.3. Характерні випадки формування сил тертя:
a – сила тертя спокою; *б* – сила тертя ковзання

Силу тертя можна подати у вигляді добутку питомої сили тертя (τ) і фактичної площі контакту (A_r):

$$F = \tau A_r. \quad (1.3)$$

Під коефіцієнтом тертя розуміють відношення найбільшої сили тертя спокою до діючого на контакт нормального зусилля:

$$\mu = F/N. \quad (1.4)$$

Тут також розрізняють коефіцієнти тертя спокою (статичний) і ковзання (кінетичний).

Залежно від характеру мастильного прошарку розрізняють чотири види тертя: тертя без мастильного матеріалу; тертя в умовах граничного мащення; гідродинамічне (газодинамічне) і змішане, яке

є частково гідродинамічним, а частково граничним мащенням. У першому випадку контактують поверхні, що не змазуються. Вони покриті окисними плівками і найтоншими шарами молекул газів і води, адсорбованими з навколишнього середовища. В другому випадку, крім перерахованих плівок, присутні молекули мастильних матеріалів у вигляді тонкого шару завтовшки в кілька молекул, міцно зв'язаних з поверхнею. У третьому випадку шар рідкого мастила цілком розділяє з'єднані сполучені поверхні.

Тертя без мастильного матеріалу і тертя в умовах граничного мащення схожі за своєю природою і мають загальні закономірності, оскільки у разі граничного тертя мономолекулярні шари мащення міцно зв'язані з твердою поверхнею, мають твердоподібні властивості і служать ніби продовженням твердої фази. Тому, як і у разі тертя без мастильного матеріалу, фактично має місце контакт двох твердих поверхонь. Відмінність полягає в різних значеннях коефіцієнта тертя: без мастильного матеріалу він звичайно більше 0,2, а у разі граничного його величина знаходиться в інтервалі 0,05...0,2.

Механізм виникнення тертя пояснює молекулярно-механічна теорія тертя. Згідно з цією теорією він має двоїсту молекулярно-механічну природу. Силу тертя можна подавати як суму молекулярної (адгезійної) і механічної (деформаційної) складових:

$$F = F_A + F_d. \quad (1.5)$$

Молекулярна складова обумовлена опором розриву молекулярних або міжатомних зв'язків, що виникають між контактуючими тілами. Розсіювання роботи тертя в теплоту пов'язане з пружною деформацією кристалічних решіток. Робота зовнішньої сили переходить у потенційну енергію решіток. Після розриву зв'язку потенційна енергія переходить в енергію коливань атомів – у внутрішню.

Механічна складова викликана опором пружного і пластичного відтискування виступів контактуючих тіл, що утворилися під час руху поверхонь, рис. 1.4.

На рис. 1.4а показане ковзання твердого сферичного виступу на в'язкопружному півпросторі. Матеріал після проходження виступу через запізнювання деформації щодо навантаження не встигає відновлювати форму. Тому поверхні перед виступом і після несиметричні, а реакція опору, прикладена в центрі контактної поверхні, не збігається за напрямком з нормальним зусиллям. Це явище характеризується гістерезисом деформації. На рис. 1.5 показано криву гістерезису за розтягування-стискування в'язкопружного стрижня. Крива *ОМ* відбиває процес навантаження, а крива *МN* – процес розвантаження.

Через запізнювання деформації в той момент, коли напруження дорівнює нулю, деформація не зникає і дорівнює ε_0 . Тому слід, що залишився від руху виступу, не встигає відновлюватися цілком, чого варто було б очікувати для ідеального пружного середовища.

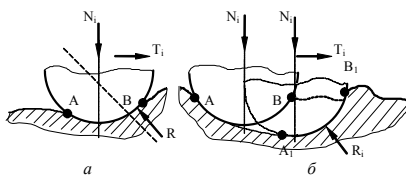


Рис. 1.4. Відтискування матеріалу під час ковзання:

a – пружне; *б* – пластичне

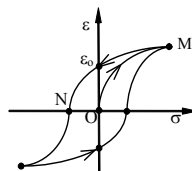


Рис. 1.5. Гістерезис деформації під час розтягування стиснення в'язкопружного стрижня

На рис. 1.4б показано поведінку твердого виступу під час ковзання на пластичному середовищі. На початку, поки ковзання відсутнє, під дією нормального зусилля виступ заглиблюється. Контактна крива AB симетрична. Під час ковзання задня границя виступу відривається від лунки. Усе навантаження зосереджується на передній границі, а дуга контакту займає положення A_1B_1 . Спереду виникає валик матеріалу, що відтискується. Реакція опору не збігається за напрямком з нормальним зусиллям.

Оскільки молекулярна і механічна взаємодія здійснюється на фактичних площинах контакту, то питома сила тертя записується у такому вигляді:

$$\tau = \frac{F}{A_r} = \tau_A + \tau_{\Delta}, \quad (1.6)$$

де τ_A , τ_{Δ} – адгезійна і деформаційна складові питомого зусилля.

Численні спроби вивести розрахункове співвідношення для адгезійної складової (τ_A) не мали успіху через неможливість врахувати вплив різноманітних плівок, що покривають поверхні. Водночас для ювенільних (без плівок) металевих поверхонь установлено, що за їхнього контакту адгезія обох поверхонь призводить до їх зрощування (холодне зварювання), і питома сила тертя близька до опору зсуву решітки. Останні дослідження показали, що на фактичній площі контакту, зумовлений змінанням субмікронерівностей, опір зрушенню контактуючих кристалів наближається до теоретичної міцності. Однак для реальних поверхонь, покритих плівками, адгезійна складова значно нижча. Залежність адгезійної складової

питомої сили тертя від фактичного тиску ($\sigma=N/A_r$) виражається у вигляді двочленного закону:

$$\tau_A = \tau_0 + \beta \sigma, \quad (1.7)$$

де τ_0 і β – молекулярні константи тертя, визначені експериментально.

Таким чином, молекулярно-механічна теорія тертя ґрунтується на таких положеннях:

- взаємодія між тертьовими тілами здійснюється на дискретних ділянках контакту, що становлять фактичну площу контакту (ФПК);

- оскільки фактична площа контакту мала порівняно з номінальною площею A_n , та на одиничних плямах контакту розвиваються тиски, достатні для зближення контактуючих виступів і виникнення міжмолекулярної взаємодії між ними. Сумарна сила міжмолекулярної взаємодії між зближеними ділянками поверхонь тертя являє собою молекулярну складову тертя. Критерієм оцінювання сил міжмолекулярної взаємодії є відношення $\tau_{зріз}/\sigma_0$. $\tau_{зріз}$ – опір зрізу; σ_0 – тимчасова границя міцності;

- за відносного переміщення контактуючих тіл проникли виступи поверхні, одного тіла проорюють більш м'який матеріал іншого. Опір цього матеріалу переміщення в його об'ємі нерівностей поверхні тіла, що спрягається, зумовлює механічну складову тертя. Критерієм оцінювання внеску механічної складової у формуванні сил тертя є величина $h_{вист}/r_{вист}$, де $h_{вист}$ – висота виступу; $r_{вист}$ – радіус при вершині виступу;

- поверхні тертя реальних тіл покриті оксидними і адсорбційними плівками, тому міжмолекулярна взаємодія здійснюється не між самими тілами, а між плівками різної природи. Це забезпечує позитивний градієнт механічних властивостей за глибиною – необхідна умова зовнішнього тертя.

Відповідно до молекулярно-механічної теорії вираз для коефіцієнта тертя має такий вигляд:

$$f = \frac{\tau_{зріз}}{\sigma} + \beta + ka \sqrt{\frac{a}{r_{вист}}}, \quad (1.8)$$

де $\tau_{зріз}$ – опір зрізу за відсутності нормальних напружень;
 σ – нормальне напруження на контакті;

β – п'єзоекоєфіцієнт, що характеризує зміцнення адгезійного зв'язку під дією нормальних напружень,

$r_{\text{вист}}$ – радіус заокруглення нерівностей,

k – коефіцієнт, що залежить від шорсткості поверхні, для найбільш типових видів обробки поверхонь, поширених у машинобудуванні, $k = 0,44$;

a – відстань між поверхнями.

Перші два доданки характеризують молекулярну складову тертя, а третій – деформаційну. Якщо матеріал на плямах контакту деформується зазвичай пружно, значення f залежить від молекулярної взаємодії. За пластичного контакту істотну роль відіграє деформаційна складова.

Коефіцієнт тертя являє собою функцію низки факторів, яка визначає умови роботи трибосистеми: навантаження, швидкість ковзання, наявність плівок на поверхнях тертя контактуючих тіл, мікрогеометрії поверхонь цих тіл, умов відведення тепла тощо. Розглянемо деякі з них.

Нормальне навантаження. Вплив навантаження N на коефіцієнт тертя залежить від виду контактної взаємодії – пружної або пластичної. У загальному випадку залежність $f(N)$ немонотонна, (рис. 1.6). Положення мінімуму цієї кривої залежить від співвідношення молекулярної і механічної складових. За збільшення відношення F_a/F_d мінімум кривої зміщається в зону менших значень N . У зоні малих навантажень (ліва гілка кривої) реалізується переважно пружний контакт і значення f визначається переважно молекулярною складовою коефіцієнта, тертя. Зменшення коефіцієнта тертя зі збільшенням N обумовлено тим, що N росте швидше, ніж викликане цим ростом збільшення площі фактичного контакту, і як наслідок – сили тертя.

Після досягнення мінімуму f реалізується як правило пластичний контакт. При цьому тиск на плямах фактичного контакту дорівнює твердості більш м'якого матеріалу і не залежить надалі від навантаження. Отже, $F_a = \text{const}$ і коефіцієнт тертя залежать тільки від механічної складової, тобто від глибини відносного проникнення виступів дотичних тіл.

Швидкість ковзання. Вплив швидкості ковзання V на коефіцієнт тертя залежить від низки факторів, зокрема від навантаження і механічних властивостей тертьових тіл. У загальному випадку залежність $f(V)$ має два екстремуми: максимум і мінімум. Такий вигляд кривої характерний для недосконалого пружного контакту, рис. 1.7.

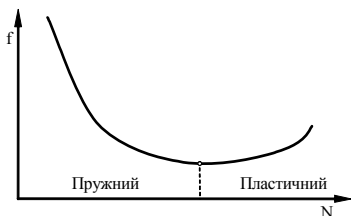


Рис. 1.6. Загальний вигляд функціональної залежності коефіцієнта тертя від навантаження

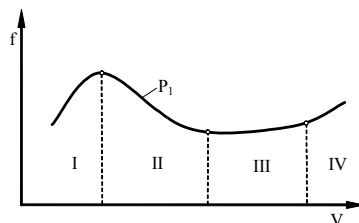


Рис. 1.7. Вплив швидкості ковзання на коефіцієнт тертя за різних контактних тисків

Зі збільшенням швидкості ковзання V в зоні малих її значень (ділянка I) трохи збільшується температура на плямах ФПК, що сприяє зминанню нерівностей, збільшенню площі їхнього контакту з контртілом і зростанню в'язкого опору деформування. У зоні контакту не встигає також утворитися захисна плівка достатньої товщини, і завдяки цьому на окремих ділянках поверхні тертя можливе мікрорізання.

Падіння коефіцієнта тертя f за подальшого підвищення V (ділянка II) зумовлене зниженням як молекулярної, так і механічної складових. Деформації матеріалу контактуючих виступів за збільшення швидкості не встигають поширюватися на значну глибину, пружно-пластичне тіло поводить як пружне, зменшуються глибина відносного проникнення нерівностей, розміри і кількість фрикційних зв'язків.

За високих швидкостей ковзання (ділянка III), поряд з характерними для другої ділянки явищами, нагрівається значний шар деформованого матеріалу і реалізується пластична деформація. Як результат, можливе зростання відносної глибини проникнення нерівностей і, як наслідок, деяке збільшення коефіцієнта тертя.

Температура в зоні контакту тертьових тіл. Залежність коефіцієнта зовнішнього тертя від температури T в зоні контакту тертьових тіл немонотонна (рис. 1.8), що зумовлено сумарним ефектом зміни молекулярної і механічної складових коефіцієнта тертя. Зі збільшенням T знижується F_a унаслідок утворення плівок і зниження міцності адгезійних сполук на зріз, а також зниження F_d за рахунок збільшення твердості поверхневих шарів. Це викликає зниження коефіцієнта тертя. З наближенням до T_0 падіння f сповільнюється, оскільки збільшення твердості матеріалу не відбувається, а навпаки, через нагрівання поверхневих шарів відбувається змен-

шення твердості матеріалу, що сприяє збільшенню розмірів і кількості плям фактичної площі контакту, тобто F_a .

Подальше зростання T призводить до збільшення F_a і F_d одночасно через нагрівання і втрату твердості поверхневого шару, що сприяє збільшенню коефіцієнта тертя загалом (права гілка кривої).

Мікрогеометрія поверхонь тертя. Вплив мікрогеометрії на коефіцієнт тертя залежить від того, який вид контакту (пружний або пластичний) є домінуючим. За пружного контакту залежність $f = f(R_z)$ немонотонна, (крива 1 на рис. 1.9), де R_z – середньоарифметична висота шорсткості.

Збільшення R_z , призводить спочатку до зниження площі фактичного контакту і зменшення молекулярної складової F_a . За подальшого збільшення R_z радіуси заокруглення вершини нерівностей зменшуються. Це сприяє глибшому проникненню матеріалу і збільшенню F_d (права гілка кривої 1 на рис. 1.9). У разі пластичного контакту молекулярна складової тертя від мікрогеометрії не залежить, а механічна – росте, що і зумовлює монотонне зростання f за збільшення R_z (крива 2 на рис. 1.9).

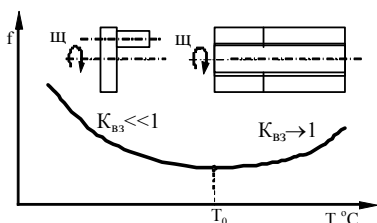


Рис. 1.8. Залежність коефіцієнта тертя від температури в зоні фрикційного контакту

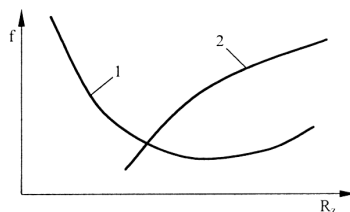


Рис. 1.9. Вплив шорсткості сполучення поверхонь на коефіцієнт тертя:

1 – пружний контакт; 2 – пластичний контакт

Фізико-механічні властивості контактуючих тіл. Вплив властивостей контактуючих тіл на коефіцієнт тертя обумовлений кількістю і міцністю фрикційних зв'язків. Так, за збільшення твердості тіл, що спряжуються, зменшуються глибина відносного проникнення і кількість контактуючих нерівностей. Це призводить до одночасного зменшення молекулярної і механічної складової тертя.

В умовах пружного контакту коефіцієнт тертя залежить від модуля пружності контактуючих тіл. Зі збільшенням модуля пружності зменшується фактична площа контакту і глибина відносно-

го проникнення нерівностей, що зменшує відповідно F_a і F_d і призводить до падіння коефіцієнта тертя.

Закономірності руйнування поверхні тертя згідно з молекулярно-механічною теорією тертя. Відповідно до утомної теорії, зношування обумовлене наявністю таких факторів:

- дискретним характером взаємодії третьових тіл, тобто взаємодією нерівностей контактуючих поверхонь на дискретних ділянках, що утворюють фактичну площу контакту;
- багаторазово повторюваним імпульсним тепловим впливом і деформаціями локальних об'ємів матеріалу поверхневого шару в зонах контакту з нерівностями;
- наявністю мікрodefектів структури та їхньою акумуляцією в поверхневому шарі тіла, що зношується у процесі тертя;
- існуванням характерного для кожного матеріалу граничного стану, що визначає умови його руйнування (наприклад, гранична щільність енергії, накопиченої в локальному об'ємі).

Руйнування поверхні тертя і утворення часток зносу за утомного зношування являють собою багатостадійний процес. Мікрооб'єм поверхневого шару тіла, що зношується, зазнає деформації в процесі тертя. Це супроводжується появою ушкоджень (пружних спотворень решіток, дислокацій) у мікрооб'ємі. Багаторазове деформування матеріалу призводить до підвищення концентрації мікрodefектів і після досягнення певної концентрації до утворення ультрамікротріщин. Подальше навантаження матеріалу викликає їхній розвиток і злиття. Результатом цього процесу є відділення від основного матеріалу його частин, які видаляються згодом із зони тертя у вигляді часток зносу.

Інтенсивність утомного зношування I_h описується рівнянням І.В. Крагельського, отриманим для множинного контакту. Контакт моделюється площиною (матеріал, що зношується), яка сполучається з набором твердих сферичних сегментів однакового радіусу, розташованих уздовж висоти так, що розподіл матеріалу в поверхневому шарі моделі і реальної поверхні описуються однаковою опорною кривою. Рівняння має вигляд:

$$I_h = k k_{\text{вз}} \sqrt{\frac{a}{R}} \cdot \frac{p_a}{p_r} \cdot \frac{1}{n}, \quad (1.9)$$

де k – коефіцієнт, що залежить від розташування нерівностей уздовж висоти, звичайно $k = 0,2$;

$k_{\text{вз}}$ – коефіцієнт взаємного перекриття третьових тіл;

a/R – відносне зближення контртіла і зношуваного матеріалу;

p_a, p_r – номінальний і фактичний тиск (у контакті);

n – кількість циклів до руйнування деформованого об'єму матеріалу, що зношується.

Кількість циклів n до руйнування є степеневою функцією діючих на пружному контакті напружень $\sigma_{np} = k' f p_r$:

$$n = \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_{np}} \right)^{t_y}, \quad (1.10)$$

де σ_0 – руйнівне напруження за однократного навантаження;
 t_y – коефіцієнт утоми змінюється від 1,3 до 12 і залежить від матеріалу зношуваного тіла;

k' – коефіцієнт, що залежить від природи зношуваного матеріалу.

Для пластичного контакту кількість циклів до руйнування є функцією амплітудних значень деформацій ε , які зазнає матеріал, що зношується, у процесі тертя:

$$n = \left(\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon} \right)^{t_n}, \quad (1.11)$$

де ε_p – деформація матеріалу за розриву;

t_n – коефіцієнт утоми, вимірюваний від 2 до 3, тобто в більш вузькому інтервалі, ніж за пружного контакту.

Природа руйнування за одноосового циклічного і фрикційного навантаження істотно не відрізняється. З огляду на це, коефіцієнт утоми може бути визначений під час обробки кривих об'ємної утоми Велера, якщо під час тертя матеріал, що зношується, не вступає в механохімічну взаємодію з навколишнім середовищем, мастильним матеріалом або контртілом. Складові, наведені в формулі напруження і деформації, можуть бути визначені розрахунковим шляхом або експериментально.

На сьогодні немає єдиної думки про те, у якій зоні (на поверхні або в підповерхневому шарі) починається руйнування, і чи є утворення часток зносу результатом розвитку підповерхневих або поверхневих тріщин. Це зумовлено виникненням під час тертя зони пластичних деформацій у підповерхневому шарі, в якому переважно концентруються дислокації.

Скупчення мікрodefектів і пустот на відстані від поверхні тертя сприяє розповсюдженню мікротріщин паралельно поверхні тертя. Розвиток мікротріщин може відбуватися або шляхом з'єднання порожнин, або внаслідок збільшення однієї з них. Після багаторазового навантаження матеріалу тіла, що зношується, тріщина, поширюючись паралельно поверхні тертя, відокремлює від основного матеріалу тонкий шар. Під час виходу її на поверхню утвориться частка зносу.

Існують численні дослідження, що підтверджують можливість реалізації поверхневого механізму руйнування металів і полімерів. Шліф сталевого зразка, зображений на рис. 1.10. Видно, що розташовані перпендикулярно до поверхні тертя тріщини поширюються всередину зразка. На деякій глибині вони повертаються і орієнтуються паралельно поверхні тертя (тріщини 1 і 2). При цьому можливо злиття тріщин і викрашування мікрооб'єму матеріалу, укладеного між ними.

Утворення часток зносу може відбуватися як результат одночасного зростання як поверхневих, так і підповерхневих тріщин.

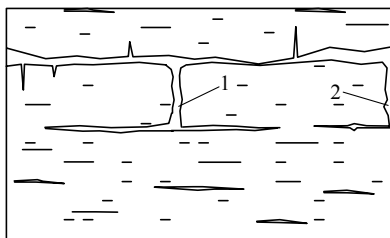


Рис. 1.10. Розповсюдження поверхневих тріщин утоми за глибиною зразка сталі

Зношування полімерних матеріалів є наслідком імпульсно-теплових впливів, що протікають на дискретних ділянках контакту, і напружень, що призводять до необоротних змін їхньої структури.

Короточасне підвищення температури в точках контакту призводить до збільшення рухливості ланцюгів макромолекул і зниження сил внутрішньої і міжмолекулярної взаємодії.

Збільшення сегментальної рухливості супроводжується ростом імовірності необоротного зсуву ланцюгів макромолекул під дією механічних напружень за умови, що сили внутрішньої або міжмолекулярної взаємодії виявляються менше діючих напружень.

З накопиченням розривів зв'язків у процесі тертя збільшуються напруження на сусідніх, менш напружених зв'язках і створюються умови для їх розриву. Як результат в структурі полімеру утворюються мікрodefekти. Після багаторазового прикладання навантаження утворюються мікротріщини в зонах максимального скупчення мікрodefekтів, у яких локалізуються механічні напруження. У разі збільшення неоднорідності розподілу напружень завжди мають місце defekти технологічного походження, а також аморфні прошарки у полімерів, що кристалізуються, і наявність двох різко відмінних за енергією типів взаємодії: хімічної (внутрішньомолекулярної) і фізичної (міжмолекулярної). Кінетика розвитку тріщин і утворення часток зносу визначається типом полімерного матеріалу і співвідношенням теплового і механічного навантаження на плямах фактичного контакту.

Інтенсивність утомного зношування залежить від навантаження, швидкості, наявності мастильного матеріалу, механічних влас-

тивостей матеріалу, що зношується, топографії поверхонь, що спряжуються, і фрикційних властивостей тертьових тіл.

Вплив нормального навантаження N на швидкість утомного зношування може бути виражений степеневою функцією вигляду:

$$I_h \sim p_a^{1+\beta_0 t_y}, \quad (1.12)$$

де p_a – номінальний тиск на контакт;

β_0 – коефіцієнт, що залежить від шорсткості контртіла, орієнтовно дорівнює 0,05;

t_y – коефіцієнт утоми матеріалу.

Показник степеня в наведеній формулі змінюється в інтервалі від 1,4 до 3. За тертя без мастильного матеріалу показник степеня наближається до 1, а за наявності мастильного матеріалу він значно перевищує 1.

Вплив навантаження на I_h , здійснюється зазвичай за посередництва коефіцієнта тертя і температури. Так, збільшення N призводить до зростання температури в зоні тертя, зміни властивостей поверхневого шару, збільшення частки пластичних деформацій та їхніх амплітудних значень. Наслідком цього є зниження опору матеріалу утомному зношуванню.

Вплив швидкості ковзання на інтенсивність зношування I_m здійснюється через швидкість деформування матеріалу, що зношується, і зазвичай через температуру в зоні тертя. Найбільше швидкість ковзання впливає на зношування полімерів і композитів на їхній основі. У загальному випадку залежність $I_m(V)$ відображається кривою з мінімумом. У зоні малих швидкостей збільшення V призводить до зменшення часу існування фрикційних зв'язків і глибини відносного проникнення нерівностей поверхні контртіла. Деформації матеріалу в точках контакту зменшуються, інтенсивному деформуванню піддається більш тонкий поверхневий шар. Як результат, це призводить до зниження інтенсивності зношування матеріалу. За високих швидкостей ковзання визначальна роль у процесі руйнування поверхневого шару належить температурі. Підвищення V викликає зростання температури в зоні тертя. Це супроводжується падінням модуля пружності і міцності матеріалу поверхневого шару, ростом контактних деформацій і коефіцієнта утоми. Результатом зміни зазначених факторів є підвищення інтенсивності зношування тертьових тіл. У такому випадку може мати місце малоциклова утома матеріалу, що зношується.

1.3.4. Структурно-енергетична теорія тертя

Явища, що мають місце під час тертя і зношування, багато в чому визначаються властивостями матеріалів, з яких виготовлені деталі машин, а також станом їхніх поверхневих шарів. Розглядання цього питання має на меті зосередити увагу до вивчення процесів руйнування поверхонь тертям, які будуть викладені надалі, оскільки для їхнього розуміння потрібно володіти мінімальною сукупністю знань з термодинаміки, фізики твердого тіла і фізичного металознавства.

Вважається, що під час тертя навантажені ділянки поверхонь одержують енергетичні впливи до $100 \text{ eV}/(\text{атом} \cdot \text{с})$, тобто на рівні руйнування атомних зв'язків. Однак у дійсності частка латентної (накопиченої) енергії, яка створює руйнування, знижується до 4–5 порядків. Це зниження руйнівної енергії, її розсіювання обумовлене дисипативними властивостями поверхневих структур. Виходячи з термінології фізичного металознавства у трибології їх прийнято називати дисипативними структурами. Сучасні підходи до розуміння явищ, що відбуваються під час тертя, пов'язують ці процеси із самоорганізацією дисипативних структур, досліджуваних синергетикою і термодинамікою нерівноважних процесів.

Структура і дефекти матеріалів трибосистем. Конструкційні матеріали, які застосовуються у трибосистемах, поділяють на кристалічні та аморфні. З погляду фізики твердими тілами вважаються тільки кристали. Їхні атоми розташовуються у вузлах регулярної просторової структури – кристалічних решітках, структурною одиницею яких є елементарний осередок. Приклади декількох структурних схем кристалів наведено на рис. 1.11.

У загальному випадку елементарний осередок має вигляд коскутного паралелепіпеда, (рис. 1.11а), який характеризується значеннями сторін a , b , c і кутів α , β , γ . За співвідношенням сторін і кутів виділяють 7 кристалічних систем. Найбільш розповсюдженими є решітки кубічні (рис. 1.11б,в) і гексагональні (рис. 1.11г). Якщо в центрах граней куба розташовуються додаткові атоми, то решітки називаються гранецентрованими (ГЦК), якщо атом упроваджується в центр куба – решітки об'ємноцентровані (ОЦК). Гексагональні щільно упаковані решітки мають осередок з основою у вигляді правильного шестикутника. Кубічні решітки типу ГЦК і ОЦК характерні для сталей. Між атомами в решітках можливий зв'язок 3-х типів: іонний, ковалентний, металевий. У першому випадку у вузлах знаходяться позитивні і негативні іони, у другому – нейтральні атоми, валентні електрони яких утворюють пари, що рухаються в полі сусідніх ядер. Зв'язок має квантово-механічну природу. Металевий зв'язок виникає між атомами металів. Валентні електрони в цьому

випадку залишають свої атоми і здійснюють хаотичний тепловий рух у загальному полі атомних залишків, які знаходяться у вузлах решіток (вільні електрони).

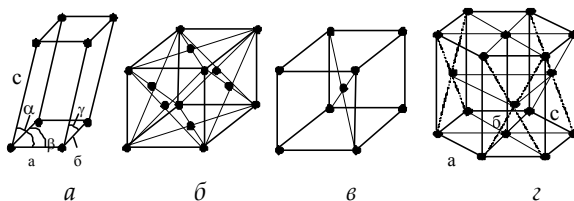


Рис. 1.11. Схеми елементарних осередків кристалів

Між молекулами в молекулярних решітках діють сили Ван-дер-Ваальса, енергія яких приблизно на 2 порядки нижча, ніж в атомних зв'язках. Особливим видом молекулярної взаємодії є водневий зв'язок. Слабкоекранований одним електроном ядро атома водню, який бере участь у ковалентному зв'язку, може притягатися до сильноелектронегативних атомів (кисень, фтор) і утворювати з ними другий зв'язок. Водневий зв'язок міцніший за інші міжмолекулярні зв'язки. Він характерний для взаємодії молекул вуглеводнів, зокрема полімерів, з киснем окислів металів є найважливішою формою зв'язку між молекулами води в рідкому стані й у виді льоду. У табл. 1.1 подано величини енергії перерахованих видів зв'язків і зазначені характерні властивості кристалів.

Дефекти кристалів поділяють на нульвимірні (точкові), одновимірні і двовимірні. До точкових відносять енергетичні, електронні і атомні. Найбільш поширені енергетичні дефекти – фонони – кванти хвиль розтягування-стискування і зрушення (звукові хвилі). Тепло в кристалі поширюється також у виді механічних хвиль зі звуковою швидкістю. У квантовій механіці поширення звукових хвиль, як і електромагнітних, розглядається як рух часток – фононів. Енергія фонона, як і фотона, за формулою Планка дорівнює $h\nu$. До електронних дефектів належать надлишкові електрони, дірки, екситони. Останні являють собою пари електрон-дірка, пов'язані кулонівськими силами.

Основні види атомних дефектів включають вакансії (рис. 1.12а), атоми в міжвузлях (рис. 1.12б), чужорідні атоми у вузлах. Відстані між атомами в різних напрямках решіток (рис. 1.12в) різні (АА, АВ, АВ). Оскільки від міжатомної відстані залежать фізичні властивості кристалів: міцність, електропровідність, показник переломлення тощо, то ідеальні кристали є анізотропними середовищами (у різних напрямках різні властивості).

Таблиця 1.1

Енергія зв'язку і деякі властивості кристалів

Тип зв'язку	Приклади кристалів	Енергія зв'язку, кДж/моль	Деякі властивості кристалів
Іонний	NaCl LiF MgO	~ 1000	Мала електропровідність за низьких і гарна іонна провідність за високих температур. Високі міцність, твердість і температура плавлення, крихке руйнування
Ковалентний	C (алмаз), Si, Ge, TiN, WC, SiC	~ 700	Висока твердість, низька електропровідність за малих температур, крихкість. Деякі матеріали є напівпровідниками
Металевий	Fe, Cu, Al, Ag, Na	~ 400	Висока електропровідність і пластичність
Молекулярний	Молекули в полімерах Ar, CH ₄	~ 10	Низька температура плавлення, сильна стискальність, пластичність, повзучість, в'язка пружність
Водневий	H ₂ O, HF	~ 50	Схильність до утворення розгалужених багатомолекулярних структур

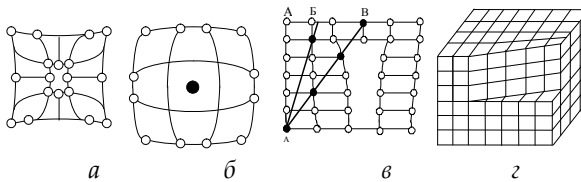


Рис. 1.12. Дефекти кристалічних решіток

Анізотропія властивостей характерна для ідеальних кристалічних решіток – монокристалів. Монокристали вирощуються за чітко контрольованої температури і тиску з ретельно очищеного від домішок матеріалу. Їхня міцність близька до ідеальної. Якщо під час відливання виробу цих умов не дотримуються, то кристалізація починається одночасно на безліч центрів, якими є домішки атоми та інші дефекти. Як результат виникає безліч довільно орієнтованих монокристалів з розмірами порядку десятків мікрометрів (рис. 1.13). Водночас кожен кристаліт має анізотропію, тверде тіло, яке складається з багатьох тисяч кристалів, у середньому однорідне, практично ізотропне, і називається полікристалом. Звичайні конструкційні матеріали є полікристалами.

Одномірні дефекти – дислокації відіграють величезну роль у поведінці кристалів за деформації. Найпростіша лінійна дислокація являє собою відсутній ряд атомів (рис. 1.12в). Більш складною є гвинтова дислокація (рис. 1.12г), що виникає як результат повороту однієї частини кристала щодо іншої. Пластична деформація кристалів здійснюється за зсувних напружень, у багато разів менших, ніж теоретичні, завдяки руху дислокацій, що починається за порівняно невеликої відносної деформації порядку $10^{-4} \dots 10^{-3}$. Коли дислокація проходить через весь кристал, одна частина останнього зміщується щодо іншої на величину міжатомної відстані. Зважаючи на те, що щільність дислокацій велика (становить на початку зрушення $\sim 10^6 \dots 10^8 \text{ см}^{-2}$), то зрушення призводить до однорідного ковзання безлічі блоків кристала один відносно одного з виходом дислокацій і утворенням сходинок на границях тіла. Рухливість дислокацій, а отже, швидкість пластичної деформації, росте за експонентою з ростом температури.

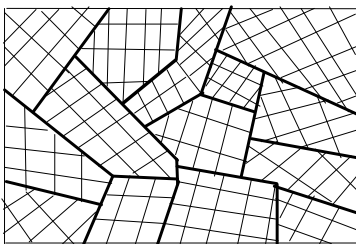


Рис. 1.13. Схема полікристала

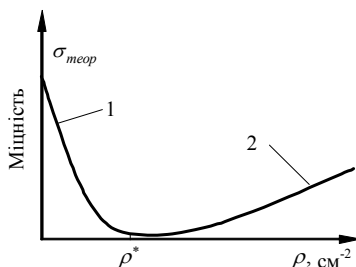


Рис. 1.14. Крива міцності

На рис. 1.14 показано залежність міцності матеріалу від щільності дефектів ρ . Спочатку зростання кількості дефектів (дислокацій) призводить до падіння міцності. Після досягнення мінімуму міцність наростає. У цьому випадку виявляється взаємодія дислокацій одна з одною та іншими дефектами, яка призводить до гальмування руху дислокацій. Тому існують два способи зміцнення матеріалів: зниження кількості дефектів, тоді міцність наближається до теоретичної (ділянка 1 на кривій міцності), або збільшення щільності дефектів (ділянка 2). Обидва шляхи реалізовані в промисловості. У чітко контрольованих умовах одержують високоміцні волокна (наприклад з бору), близькі за будовою до бездефектних монокристалів. На основі цих волокон виготовляють метало-композиційні матеріали з величезною міцністю на розрив. З таких легких і міцних матеріалів розпочато виготовлення кузовів перегонових автомобілів. Іншим прикладом одержання виробів з металів, що містять найменше дефектів, є технологія виготовлення ло-

паток турбін турбореактивних двигунів. На сучасному етапі лопатку вирощують як монокристал у спеціальних формах у чітко контрольованих умовах.

Інший шлях полягає в насиченні кристала дефектами за рахунок загартування, легування або механічного наклепу. Легування призводить до появи в решітках сторонніх атомів. Загартування викликає здрібнювання зерен полікристала, причому границі зерен є двовимірними дефектами. На них розсіюються дислокації. Деформаційне зміцнення – наклеп приводить до утворення величезної кількості нових дислокацій, який перешкоджає їхньому взаємному переміщенню.

Аморфні речовини, на відміну від кристалічних, мають ближній порядок у розташуванні молекул, який стає хаотичним за віддалення від цієї молекули на кілька діаметрів. У таких речовин відсутня точка плавлення. Вони – ізотропні. Плин, як і в рідинах, відбувається за будь-якого навантаження і різко інтенсифікується з підвищенням температури, тому вони не мають межі плинності. Напруження і деформації є функціями навантаження, часу і температури. До таких речовин відносяться багато полімерів. Макромолекули полімерів мають ланцюг із сотень і тисяч атомів вуглецю, до якого бічними зв'язками приєднані групи OH, COOH, NH₂, атоми водню, хлору, фтору. До складу молекул можуть входити бензольні кільця та інші сполуки атомів. Між макромолекулами діють сили Ван-дер-Ваальса. Як конструкційні матеріали використовуються термопластичні і термореактивні полімери. До термопластичних належать поліетилен, вініпласт, капрон, нейлон тощо. Вони розм'якшуються під дією температури. У них, поряд з аморфними, є і кристалічні зони. Прикладом цілком кристалічного полімеру є фторопласт – унікальний хімічно інертний теплостійкий матеріал з надзвичайно низьким коефіцієнтом тертя.

Термореактивні полімери мають просторову сітчасту структуру. Макромолекули з'єднуються поперечними ковалентними зв'язками. До них належать пластмаси на основі фенолформальдегідних, епоксидних та інших смол. Такі пластики термостійкі, зберігають міцність до температури 300–400 °С.

Особливу групу становлять еластомери, що мають здатність до великих, порядку сотень відсотків відносних пружних деформацій (гуми, поліуретани). Великі деформації пов'язані з особливою формою макромолекул, які скручені у клубки і розпрямляються під час розтягування. За рахунок введення різних наповнювачів з полімерів вони створюють композиції, що володіють комплексом фізико-механічних і хімічних властивостей.

Фізичні властивості поверхневих шарів. Атоми, що знаходяться усередині тіла, взаємодіють за найбільш щільного розташування з 12 сусідніми (рис. 1.15). Сумарна всіх сил взаємодії наближається до нуля. Частка, котра знаходиться на поверхні, взаємодіє з 6 сусідніми. Рівнодійна сил притягання з боку сусідів F спрямована усередину тіла. Інакше кажучи, F діє на граничну молекулу. Оскільки енергія сил притягання негативна, то поверхнева частка має енергію, надлишкову порівняно з тією, що знаходиться усередині (поверхнева енергія). Надлишкова енергія характеризує здатність до міжмолекулярного притягання поверхонь, що називають адгезією. Адгезія виявляється в прилипанні. Притягання між шарами атомів усередині тіла називають когезією.

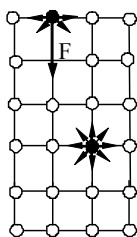


Рис. 1.15. Атоми в об'ємі і на границі

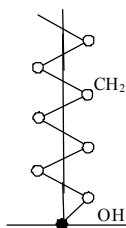


Рис. 1.16. Молекула ПАР

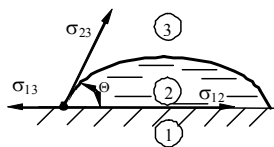


Рис. 1.17. Сили натягу

Наявність не скомпенсованих зв'язків у граничних шарах приводить до осідання на поверхні молекул речовин з навколишнього середовища, що знижує запас поверхневої енергії. Процес притягування поверхнею молекул називається адсорбцією. Як результат зменшення запасу поверхневої енергії виділяється теплота адсорбції. Процес, зворотний адсорбції, називається десорбцією. Розрізняють адсорбцію фізичну і хімічну. Фізична адсорбція пов'язана з притяганням сторонніх молекул за рахунок сил Ван-дер-Ваальса. Хемосорбція викликана дією валентних зв'язків. Поверхня в різних точках має різну поверхневу енергію. Мікродфекти володіють підвищеною адсорбційною активністю. За рахунок фізичної адсорбції на поверхні молекули газів і води осідають, у першу чергу на активних ділянках – центрах адсорбції. Сорбовані молекули вступають у хімічну реакцію з матеріалом. Так відбувається окиснення поверхонь, яке спричиняє корозію. Сорбована волога і температура стимулюють процес окиснювання. Збільшення окисної плівки спочатку відбувається швидко, потім сповільнюється. Плівки розрізняють за товщиною: тонкі (товщина до 40 Нм), середні (до 500 Нм), товсті – видимі (товщиною більш 500 Нм). Окисли є м'якими і

пухкими, наприклад, у міді, залізі і його сплавів (іржа). Тверді і суцільні плівки утворюються на алюмінії, кольорових металах. Властивості окисних плівок зазвичай істотно відрізняються від властивостей матеріалу основи. Найбільш важливими є коефіцієнт теплового розширення, крихкість, співвідношення адгезійної і когезійної міцності. Через різні властивості плівки можуть розтріскуватися і відшаровуватися, що істотно впливає на зношування під час тертя.

Особливе значення має фізична адсорбція молекул поверхнево-активних речовин (ПАР). До них належать, зокрема, органічні речовини, молекули яких мають полярні групи (ОН, СООН, NH₂) і неполярні – CH₂ (рис. 1.16). Молекули ПАР активними групами сорбуються на активних центрах поверхні, утворюючи молекулярний ворс, що розділяє пари контактних поверхонь та істотно знижує тертя.

ПАР, адсорбовані на поверхні твердого тіла, здатні змінювати характер взаємодії з рідиною (змочування). Залежно від того, як орієнтуються молекули ПАР щодо твердої поверхні, остання може добре змочуватися (гідрофільна) або погано (гідрофобна поверхня). Так, якщо молекулярний ворс спрямований полярними групами до поверхні, а протилежні кінці є неполярними, то змочування гарне, якщо орієнтація молекул протилежна – змочування погане. Оцінювання гідрофільності проводиться за величиною кута змочування θ (рис. 1.17). У разі змочування $0 \leq \theta < \pi/2$, у разі не змочування $\pi/2 < \theta \leq \pi$.

Оскільки система прагне скоротити запас поверхневої енергії, то тіло намагається зменшити площу поверхні. Крапля рідини набуває сферичної форми, оскільки сфера має найменше відношення площі поверхні до об'єму. Тому поверхня знаходиться в розтягнутому стані. Якщо з неї виділити елемент, то дію частини, що залишилася, на елемент можна замінити рівнорозподіленими за контуром силами натягу.

Мірою надлишкової поверхневої енергії є коефіцієнт поверхневого натягу σ , що дорівнює надлишковій енергії в розрахунку на одиницю площі поверхні або силі натягу, що діє на одиницю довжини контуру елемента поверхні. На рис. 1.17 показано сили натягу на границях розподілу фаз: σ_{12} – тверде тіло – рідина; σ_{23} – рідина – газ; σ_{13} – тверде тіло – газ. Оскільки система знаходиться в рівновазі, сума сил дорівнює нулю, а $\cos \alpha = (y_{12} - y_{13})/y_{23}$. За рахунок сил натягу рідина в капілярах утворює меніски (рис. 1.18), під якими виникає тиск, що розраховується за формулою Лапласа і спрямований до центра кривизни:

$$P = \frac{2 \cdot \sigma}{r}, \quad (1.13)$$

де r – радіус капіляра.

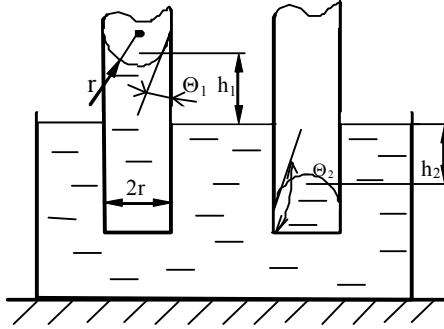


Рис. 1.18. Капілярний ефект

Під дією цього тиску спостерігається капілярний ефект, що полягає в підніманні або опусканні рівня рідини в капілярі на висоту:

$$h = \frac{2 \sigma \cos \Theta}{r \rho g}, \quad (1.14)$$

де ρ – густина рідини;

g – прискорення вільного падіння.

Капілярний ефект має велике значення для пористих тіл. Його використовують для подавання мастила в зону тертя у вальницьх з пористими втулками.

Адсорбовані молекули ПАР, знижуючи поверхневий натяг, зменшують опір пластичної деформації поверхневого шару, пластифікують його. Це явище називають ефектом П.А. Ребіндера. Матеріал легше обробляється, тому до складу мастильно-охолоджувальних рідин, застосовуваних під час механічної обробки металів, додають ПАР. Іншим проявом ефекту Ребіндера є проникнення молекул ПАР у систему мікротріщин і місця скупчення дислокацій.

Найбільш важливими для трибології фізико-механічними показниками поверхневих шарів є мікротвердість H_w , модуль Юнга і зсув E , G , межа зсувної міцності τ_s . Ці показники визначають процеси тертя і зношування. Мікротвердість визначається найчастіше методом удавлювання в досліджувану поверхню алмазної піраміди з ку-

том між гранями 136° з навантаженням N . Під мікроскопом вимірюють діагональ відбитка d . Величина мікротвердості розраховується за формулою:

$$H_\mu = 1,854 \cdot N/d^2. \quad (1.15)$$

Метод стандартизований. Величина мікротвердості пов'язана з границею текучості за розтягування σ_s і межею зсувної міцності:

$$H_\mu \cong 3\sigma_s \cong 6\tau_s. \quad (1.16)$$

Для оцінювання фізичних властивостей поверхневих шарів застосовують методи оптичної, електронної, іонної мікроскопії, рентгенівського спектрального мікроаналізу, дифракції повільних електронів і рентгенівських променів з малими кутами ковзання, екзотелектронної емісії тощо.

Вплив пластичного деформування на службові властивості поверхневого шару трибосистем. Механічна обробка конструкційних матеріалів у ході виготовлення деталей вносить істотні зміни в будову і властивості поверхневих шарів. Одна з причин – пружна і пластична деформація. За механічного впливу інтенсивно утворюються і переміщуються дислокації, виникають нові структури, пов'язані зі здрібнюванням і орієнтацією зерен у напрямку дії сил. Деформування (витягування) зерен та їхня орієнтація відбуваються не тільки під час механічної обробки поверхонь, але і під час тертя. Подібні зміни структури в поверхневих шарах називають текстурованням. Наявність орієнтації текстурованих зерен, що відбувається в напрямку руху оброблювального інструмента або тертя, змінює міцність, твердість матеріалу, магнітні, електричні та інші властивості (рис. 1.19). Текстуровані шари мають високий ступінь анізотропії.

У випадку текстуровання, що відбувається під час обробки або тертя, в самому поверхневому шарі і підшарі виникають залишкові напруження розтягування-стискування, різні дефекти у вигляді мікротріщин і пор. Пластичне деформування супроводжується тепловиділенням. Збільшення локальних температур прискорює окисні процеси, чому сприяє середовище (охолоджувальні емульсії, змащення). У поверхневому шарі під час тертя можуть відбуватися фазові перетворення.

Зміну міцності в разі деформації поверхневого шару називають деформаційним зміцненням або наклепом. На рис. 1.20 показано схему граничного шару після механічної обробки. Верхня час-

тина 1 являє собою шар адсорбованих молекул рідин і газів, включаючи ПАР. Наступний шар 2 складається з оксидів. Його товщина зазвичай порядку 10 нм. Сюди ж входять пилові домішки, продукти зносу інструмента. Шар 3 складається з кристалітів, які зазнали змін під дією пластичної деформації і температури. Саме він і визначає експлуатаційні властивості (зносостійкість) деталі. Далі йде основа 4, не порушена обробкою. Що глибше поширюється пластична деформація, наприклад, під час різання, розкочування, калібрування, то товстіший шар 3. З оздоблювальних операцій найбільшої товщини цей шар досягає під час обробки лезом. У таблиці 1.2 наведено дані про властивості шару 3.

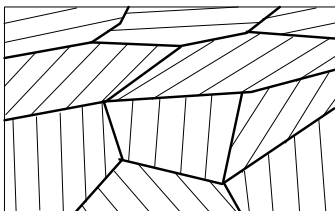


Рис. 1.19. Текстурування

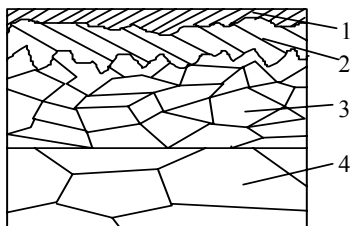


Рис. 1.20. Будова граничного шару

Таблиця 1.2

Властивості деформованого шару

Вид обробки	$H_{цтов}/H_{ц}$ об'ємн.	Товщина шару h , мкм
Точіння	1,2...2	30...200
Фрезерування	1,4...2	40...200
Чистове точіння	1,5...2	20...75
Шліфування	1,5...2,5	30...60
Притирання	1,1...1,2	3...7

На рис. 1.21 зображений типовий розподіл мікротвердості після механічної обробки. Найбільша твердість спостерігається не на поверхні, а на глибині порядку 10–20 мкм. На сталевих поверхнях верхній шар під впливом тертя або багаторазової пластичної передерформації може розмінитися. У ньому відбувається тонке здрібнювання кристалів і структура наближається до аморфної. Такий шар, товщина якого звичайно становить порядку 5 мкм, називається шаром Бейльбі.

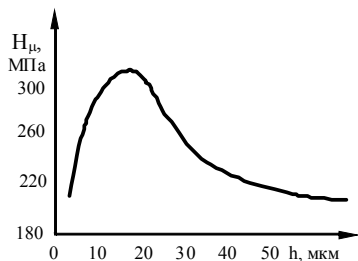


Рис. 1.21. Розподілення мікротвердості за глибиною

Кількісно ступінь анізотропії поверхневих шарів може бути оцінений застосуванням статистичних методів шляхом Фур'є-аналізу поверхонь знятих на растровому електронному мікроскопі за різних збільшень.

До вашої уваги короткий аналіз цього виду досліджень.

Напрямок упорядкованості структури завжди можна охарактеризувати функціями

зсуву, повороту і порушення періодичності, тобто відповідно функціями $f(x, y, z)$, $f(\alpha, \beta, \gamma)$, і $P(x, y, z)$. Усі ці характеристики, що відбивають ступінь організації структури, виявляються в спектрі і можуть бути зареєстровані і якісно оцінені скануванням вузького електронного променя на аналізованій поверхні. Фур'є-аналіз отриманого спектра здійснюється за допомогою спеціалізованої програми, адаптованої до більшості сучасних комп'ютерів. У цій програмі аналізується двовимірний Фур'є-спектр. Різні ділянки структури по-різному відбивають скануючий промінь, що обумовлює зміну (відбитого) сигналу, який реєструється.

Використання Фур'є-аналізу під час металофізичних досліджень дозволяє оцінити вклад текстуровування поверхневих шарів на зносостійкість триботехнічних матеріалів.

Відповідно до термодинаміки поверхневий шар можна розглядати як відкриту термодинамічну систему, здатну обмінюватися енергією і речовиною з навколишнім середовищем і, яка характеризується комплексом інтенсивних характеристик. Наявність сорбційних процесів на поверхні матеріалів робить їх схожими на мембрани, але на відміну від звичайних мембранних систем, поверхневий шар має ще й об'ємні характеристики і, отже, комплексом власних інтенсивних характеристик. У рамках термодинамічного підходу з'явилася можливість користуватися загальними поняттями і використовувати параметри стану, придатні для опису будь-яких макроскопічних систем, а також у зручній формі, через зміну термодинамічних потенціалів, враховувати адсорбційні та інші ефекти. Для опису зношування було зроблено спроби вивести рівняння стану поверхневого шару у вигляді загальних рівнянь балансу енергії або балансу ентропії. Це призвело до створення енергетичних моделей, що зображують функціональну залежність швидкості зношування від термодинамічних факторів:

$$J = f(U, S, t, \dots), \quad (1.17)$$

де J – швидкість зношування;

U – внутрішня енергія;

S – ентропія;

t – час.

В основу термодинамічного підходу покладено такі ідеї:

- у поверхневому шарі матеріалу, що зношується, можна виділити об'єм, який знаходиться в стані локальної рівноваги;
- процеси тертя і зношування можуть описувати рівняннями енергетичного балансу;
- швидкість деструкції контролює швидкість виробництва ентропії.

Рівняння балансу ентропії для локальної зони (локальна термодинамічна рівновага) має вигляд:

$$c \frac{dS}{dt} + \text{div}S = y [S], \quad (1.18)$$

де $c \frac{dS}{dt}$ – швидкість приросту ентропії в цій зоні;

div – швидкість відтоку ентропії з певної зони в навколишнє середовище;

$\sigma[S]$ – швидкість виникнення або виробництва ентропії в середині цієї зони.

Однак у подібних моделях не враховано той факт, що в процесі деформації активуються дисипативні процеси самоорганізації, як результат яких перед руйнуванням у деформованому матеріалі, замість очікуваного хаосу і деградації спостерігаються високорядковані структури, тобто із системи безупинно "відкачується" ентропія, утворена в ході нагромадження дефектів. Крім того, відомо, що на стадії вичерпання пластичності перевага надається колективним процесам, які охоплюють масштаб більший, ніж розміри локальних зон усередині дислокаційних осередків, врахування яких у виразі не передбачене.

В основі механізмів нагромадження ушкоджень і утомного руйнування поверхневого шару лежать термоактивні кінетичні процеси.

Залежність між швидкістю деструкції матеріалу J і зовнішніми факторами встановлюється через його активаційні параметри: енергію активації U_0 і структурно-чутливий коефіцієнт γ :

$$J = f(U_0, \gamma, \sigma, T, \dots). \quad (1.19)$$

Активізація та пасивація поверхонь тертя. Контактна пружно-пластична деформація є основним фактором, що активує зумовлені процеси структурної пристосовуваності матеріалів за тертя.

Відповідно до першого закону термодинаміки робота сил тертя A як правило перетворюється на теплоту Q і частково запасається трибосистемою ΔE , тобто:

$$A = Q + \Delta E.$$

Виділення теплоти спричинює термічну активацію процесів під час тертя. Процес запасу енергії зумовлено зазвичай утворенням активної ультрадисперсної орієнтованої структури, що викликає структурну активацію матеріалу в контактній зоні деформації. Структурна і термічна активація при терті відбуваються водночас, і їхній поділ досить умовний. Однак, у визначених діапазонах умов тертя можна виділити переважний вплив структурної або термічної активації на механізми процесів під час тертя.

Кількісно рівень структурно-термічної активації під час тертя можна характеризувати величиною питомої роботи тертя A_y , що являє собою добуток коефіцієнта тертя μ , питомого навантаження p та швидкості ковзання V : $A_y = \mu p V$.

Для умов структурної пристосовуваності справедливі такі твердження:

$$A \neq Q; \Delta E \neq 0; \Delta E/A = \min.$$

У загальному енергетичному балансі за нормального тертя ΔE становить незначну величину (менше 1%). Однак, якщо врахувати, що ця енергія запасається в найтоншому поверхневому шарі (товщина порядку десятків і сотень нанометрів), то густина накопиченої енергії в одиниці об'єму, що деформується, буде близька до граничних критичних значень енергії, яка може поглинути метал у твердій фазі за деформації або нагрівання до температур, близьких до температури плавлення.

Висока густина накопиченої енергії обумовлює аномальні ефекти підвищеної активності поверхневих субмікрооб'ємів. Логічно пов'язати ці ефекти з особливостями ультра дисперсної орієнтованої структури, оскільки енергія, що запасається, складається насамперед з енергій точкових дефектів і мікроспотворень у дезорганізованих границях цієї структури.

Структурно-термічна активація під час тертя відіграє визначальну роль у перебігу процесів адсорбції, дифузії та хімічних реакцій. Процеси структурної активації визначаються кінетикою зародження і руху недосконалостей кристалічної будови в контактній зоні деформації. Ця кінетика, у свою чергу, пов'язана з енергетичним станом атомів, що залежать від термічної активації. Тому взаємного посилення фізико-хімічних процесів, що водночас перебігають, структурної і термічної активації можна чекати тільки під час тертя.

Поряд з утворенням шарів, насичених киснем та іншими хімічно активними елементами середовища, виявляється інтенсивна дифузія вуглецю, азоту та інших менш активних елементів.

Водночас структурна і термічна активації під час тертя не тільки прискорюють процес насичення, але і сприяють дифузії практично всіх елементів, що заповнюють зону тертя, незалежно від їхньої природи, атомних розмірів тощо. Як результат досліджень було розроблено низку методів зміцнення поверхонь під час тертя (механохімічна цементация, азотування, насичення киснем тощо).

За відсутності можливостей насичення за рахунок елементів середовища структурно-термічна активація під час тертя призводить до взаємної дифузії контактних металів (схоплювання I і II роду). Головною передумовою утворення металевих зв'язків під час схоплювання є структурна активація металу, зумовлена щільністю вакансій і дислокованих атомів. Ці дефекти кристалічної будови виникають як результат пластичної деформації і реалізації механізмів взаємодії різних видів недосконалостей.

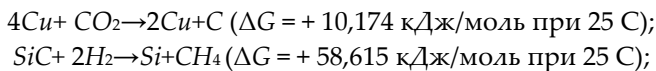
Підвищення адсорбційної активності деформованої під час механічної обробки металу було відзначено П.А.Ребіндером, який отримав декілька експериментальних доказів збільшення адсорбційного потенціалу. Структурно-термічна активація поверхневих шарів третьових тіл, підвищує їхню реакційну здатність, тому що при цьому збільшується ентальпія і ентропія в поверхневих об'ємах, що призводить до зсуву констант рівноваги хімічних реакцій.

Вивченню хімічних реакцій, що активуються механічним впливом, присвячено новий розділ науки – механохімія. Активація пов'язується із сильним збільшенням енергії поверхні, високою концентрацією дефектів кристалічної будови і спотворенням решітки. Термодинамічна активність ΔG визначається різницею вільних ентальпій активної G^* і стабільної G речовини:

$$\Delta G = G^* - G. \quad (1.20)$$

Особливістю механохімічних реакцій є те, що в них можливі перетворення з позитивною вільною ентальпією, які за законами

термохімії не мали б перебігати мимовільно. Наприклад, можливі такі реакції:



Загальний хід механохімічної реакції показано на рис. 1.22. Без механічного активування твердого тіла (зона I) ступінь реакції незначна, або реакція зовсім не перебігає. За механічного впливу відбувається активація і реакція підсилюється (зона II). За цим індукційним періодом йде період стаціонарного плину реакцій, що відповідають умовам активування (зона III). Після механічного впливу активність твердої речовини, а разом з нею і швидкість реакції падають (зона IV). Реакція з високим рівнем активації характеризується різким підняттям ступеня реакції при механічному впливі і таким самим крутим спадом, тобто відсутністю періодів індукції і загасання.

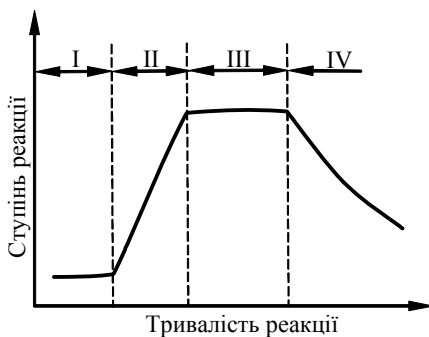


Рис. 1.22. Схема перебігу механотермічної реакції

Таким чином, структурно-термічна активація зумовлює своєрідність перебігу фізичних і хімічних реакцій і впливає на розвиток процесів за зовнішнього тертя.

Активація призводить поверхневі шари матеріалу в аномально нерівноважний, хиткий стан. З погляду термодинаміки природним є прагнення такого матеріалу перейти в більш рівноважний стан. Тому за процесами активації під час тертя завжди йдуть процеси пасивації. Можна виділити три основних групи реакцій пасивації поверхонь твердих тіл під час тертя, що відбуваються як результат взаємодії з активними елементами середовища; взаємодії з

матеріалом контргіла; внутрішньої перебудови структури поверхневих шарів.

Усі три види пасивації є конкуруючими процесами, кожен з яких реалізується за чітко визначених умов тертя.

У результаті взаємодії активованих поверхневих шарів металу з активними елементами середовища – пасиваторами (киснем, сіркою, фосфором, хлором, азотом тощо) утворюються нові однофазні або гетерофазні тонкоплівкові об'єкти, що одержали назву вторинних структур. Утворення вторинних структур відбувається у визначеному діапазоні режимів тертя за наявності динамічної рівноваги процесів активації та пасивації і є необхідною умовою для реалізації явища структурної пристосовуваності матеріалів під час тертя. Якщо пасивувальна здатність середовища недостатня для утворення і регенерації плівок вторинних структур, то реалізується другий тип пасивації. Наприклад, під час тертя металів контакт активованих ювенільних поверхонь викликає процеси взаємної дифузії атомів сполучених металів, як результат досягається метастабільний стан утворення локальних вузлів схоплювання. Їх подальше руйнування супроводжується інтенсивною глибинною пошкоджуваності поверхонь тертя.

Процес пасивування схоплюванням неприпустимий за нормальних умов тертя.

Якщо матеріал поверхні тертя має хімічну інертність і не здатний активно взаємодіяти з пасиваторами і матеріалом контргіла, то структурно-термічне активування ініціює внутрішню перебудову структури поверхневих шарів. Такий механізм пасивування можливий, наприклад, під час тертя полімерів у режимі структурної пристосовуваності, коли процеси адгезії мінімізовані і не можуть викликати пошкодження полімерного матеріалу.

Як результат досліджень кінетики механізмів утворення і властивостей трансформованих поверхневих плівок, проведених у широкому діапазоні змін умов тертя на різних матеріалах і в різних середовищах, було визначено існування двох основних типів вторинних структур і великої гами їхніх проміжних станів.

Загальними для вторинних структур обох основних типів є їхня поверхнева локалізація, високоміцна ультрадисперсна будова, здатність мінімізувати руйнування поверхневого шару і екранувати неприпустимі процеси схоплювання, втоми, корозії тощо. Але разом з тим, для кожного типу вторинних структур характерні свої індивідуальні особливості:

- поверхні тертя, покриті вторинними структурами I і II типів, різко відрізняються за зовнішніми ознаками (табл. 1.3); під час дослідження на макроскопічному рівні ці відмінності виявляються

в різній здатності поверхонь відбивати світло, на мікроскопічному – у різному забарвленні поверхонь, на субмікроскопічному – у різному субрел'єфі поверхонь;

- вторинні структури I типу мають властивості надпластичності, легко переміщуються по поверхні тертя; структури II типу мають більшу поверхневу міцність, однак менш пластичні;

- поверхні, покриті вторинними структурами I типу, мають знижене, а покриті структурами II типу – підвищене змочування мастилами.

Таблиця 1.3

Зовнішні ознаки вторинних структур

Тип вторинних структур на поверхнях тертя	Загальна характеристика стану поверхонь тертя		
	На макроскопічному рівні	На мікроскопічному рівні	На субмікроскопічному рівні
I (тверді розчини окиснювачів в металах)	Блискуча	Блискуча, покрита склоподібною плівкою	Гомогенна (сплошна плівка без відчутних ознак субмікрорел'єфу)
II (хімічне з'єднання нестехіометричного складу)	Матова	Покрита плівками різноманітного забарвлення	Гетерогенна (вигладжені ділянки, покриті плівкою, і ділянки із зруйнованою плівкою)

Структурне пристосовування матеріалів під час тертя. Залежність коефіцієнта тертя μ та інтенсивності поверхневого руйнування I від параметрів тертя (навантаження p , швидкості переміщення V , температури T і властивостей середовища C_p) є ділянкою мінімального тертя і руйнування для будь-яких контактних матеріалів. Залежно від властивостей матеріалів і середовища змінюються тільки діапазон і рівень мінімального тертя і зносу (рис. 1.23). Цей діапазон структурної пристосовуваності (СП) зумовлений виникненням стійкої дисипативної структури тертя, яка підтримується стаціонарними потоками механічної енергії і речовини зовнішнього середовища, взаємодіючи з поверхнями тертя, активованими механічними впливами.

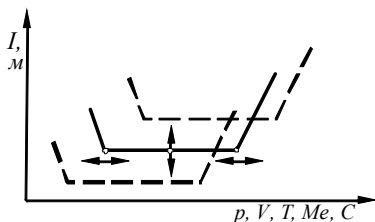


Рис. 1.23. Схема зміни коефіцієнта тертя μ та інтенсивності зношування I від параметрів тертя p , V , температури T , властивостей матеріалів M_e і середовища C_p

Під час створення умов СП відбувається масштабний стрибок: усі взаємодії локалізуються в тонкоплівковому об'єкті – вторинних структурах, що являють собою нову метастабільну фазу, утворену як результат структурно-термічної активації поверхні, її адсорбційно-хімічної взаємодії із середовищем і пасивації. Ця нова фаза є істинним об'єктом руйнування, що екранує вихідну фазу (матеріал тертьових тіл) від механічних і фізико-хімічних впливів.

Під час створення умов СП відбувається масштабний стрибок: усі взаємодії локалізуються в тонкоплівковому об'єкті – вторинних структурах, що являють собою нову метастабільну фазу, утворену як результат структурно-термічної активації поверхні, її адсорбційно-хімічної взаємодії із середовищем і пасивації. Ця нова фаза є істинним об'єктом руйнування, що екранує вихідну фазу (матеріал тертьових тіл) від механічних і фізико-хімічних впливів.

Перебудова структури відбувається в напрямку максимального зміцнення і орієнтації щодо напрямку переміщення (наприклад, для металевих матеріалів – це орієнтація ультрадисперсних кристалів). Вторинні структури екранують вихідний матеріал від механічної і фізико-хімічної деструкції і є істинним об'єктом руйнування, весь об'єм якого поглинає енергію, близьку до граничної енергії руйнування.

Зовнішні механічні впливи неминуче призводять до руйнування вторинних структур, але ці самі впливи поєднані з процесами переносу речовини із середовища, забезпечують регенерацію фази, що екранує. Стійкість СП обумовлена динамічною рівновагою, а також саморегулюванням усіх деструктивних процесів, що активують та екранують (процесів пасивування і утворення фази). Таким чином, СП пов'язана з утворенням стійкої дисипативної структури переносу енергії і речовини зовнішнього середовища в систему тертя.

Отже, більша частина роботи зовнішнього тертя перетворюється в теплоту, а менша йде на зміну внутрішньої енергії поверхневих шарів металу.

Доведено, що від умов тертя залежить не тільки сумарна величина роботи тертя, але і співвідношення між основними її складовими, тобто між кількістю поглинальної енергії і кількістю виділеного тепла. Співвідношення між складовими енергетичного балансу ΔE і Q залежить від властивостей матеріалів трибосистеми, зовнішніх навантажень і фізико-хімічних характеристик робочих середовищ. Для заданого з'єднання контактних матеріалів і середовища існує певний діапазон навантажень і швидкостей ковзання, у якому відношення $\Delta E/A$ практично незмінне і мінімальне порівняно з його значеннями поза розглянутим діапазоном. Схему зміни

величини $\Delta E/A$ показано на рис. 1.24. Тут ділянка I відповідає перехідній зоні малих значень p і V ; II – процесу нормального тертя і зносу; III – виникненню пошкоджуваності; IV – розвитку пошкоджуваності.

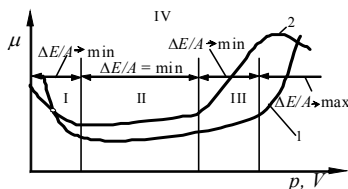


Рис. 1.24. Енергетичні співвідношення для різних зон тертя:

1 – за зміни питомого навантаження p ; 2 – за зміни швидкості руху

Як критерій зносостійкості матеріалів під час тертя A_z пропонувалося відношення роботи A , витраченої на видалення маси Δm :

$$A_z = \frac{A}{\Delta m} . \quad (1.21)$$

Ця величина найбільш пов'язана з істинною (фізичною) твердістю матеріалу і повною мірою могла б характеризувати процес диспергування матеріалу під час тертя.

Описаний механізм явища СП показує, за такого явища мінімальні принципи виявляються у формі мінімізації ефективного об'єму усіх видів взаємодії твердих тіл і середовища під час тертя (деформаційного, хімічного, електромагнітного тощо), який описується фізичною моделлю (рис. 1.25). Цей принцип може бути записаний у такому вигляді:

$$\int_V \frac{\Delta E(V)}{A} dV = \min , \quad (1.22)$$

Ілюструється схемою, зображеною на рис. 1.26, де напрямок z є нормаллю до поверхні тертя, лінією 1 показане збільшення внутрішньої енергії за СП, локалізованої в зоні I вторинних структур, лінією 2 – обмежена зона збільшення внутрішньої енергії під час інших процесів тертя (пошкоджуваності).

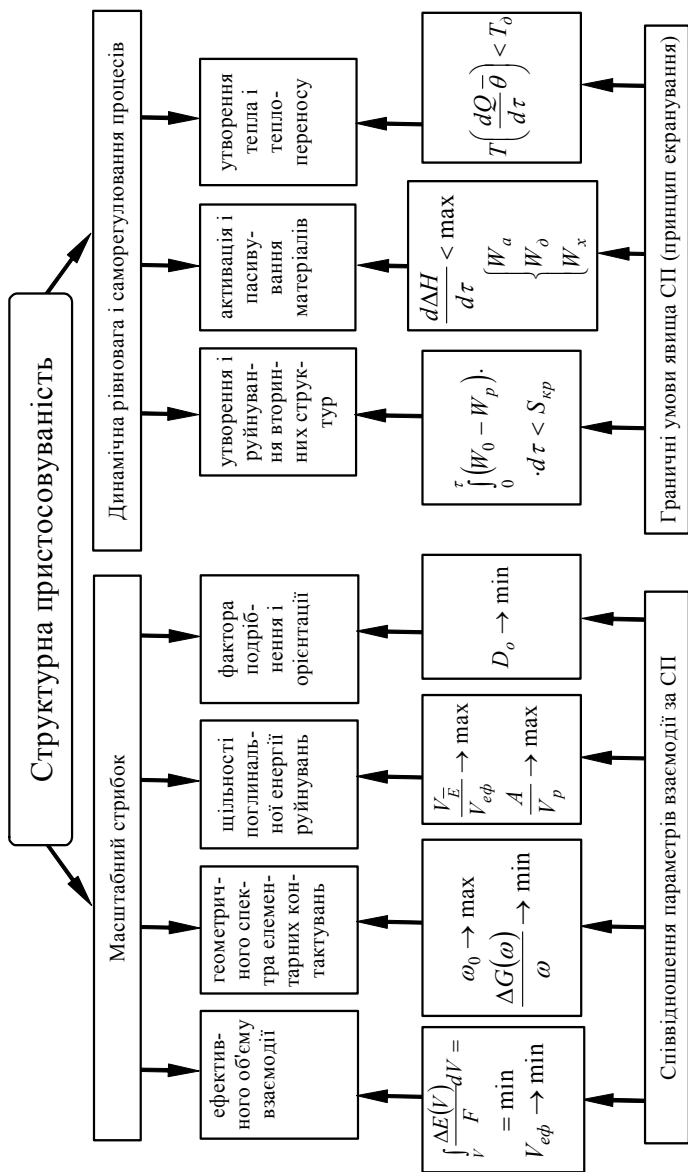
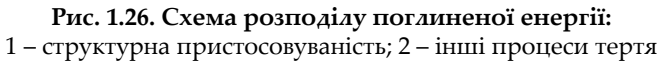


Рис. 1.25. Фізична модель структурної пристосованості матеріалів під час тертя


$$V_{e\phi} \rightarrow \min, \frac{A}{V_p} \rightarrow \max, \frac{V_E^-}{V_{e\phi}} \rightarrow \max, \quad (1.23)$$

Таким чином, за явища СП відбувається масштабний і енергетичний стрибок, що полягає в локалізації ефективного об'єму взаємодій V , і досягненні в цьому об'ємі граничної енергонасиченості руйнівної фази, яка реалізується шляхом переходу матеріалу до метастабільного стану, що відповідає максимальній міцності.

Параметри оцінювання зношування машин. Зношування – процес руйнування і відокремлення матеріалу від поверхні твердого тіла і (чи) збільшення його залишкової деформації в умовах тертя, що виявляється у поступовому змінюванні розмірів, форми і (чи) маси тіла. Результатом зношування є знос тертьових тіл.

Про величину зносу можна судити за зменшенням розмірів тертьового тіла в напрямку, перпендикулярному його поверхні тертя.

Кількісними характеристиками процесу зношування є швидкість і інтенсивність зношування.

Швидкість зношування – відношення величини зносу до інтервалу часу зношування. Визначається швидкість зношування як відношення товщини зношеного шару Δh , зміни об'єму ΔV або маси Δm твердого тіла до інтервалу часу Δt , протягом якого це тіло піддавалося зношуванню. Розрізняють лінійну i_h , об'ємну i_V і масову i_m швидкості зношування:

$$i_h = \frac{\Delta h}{\Delta t}, \quad i_V = \frac{\Delta V}{\Delta t}, \quad i_m = \frac{\Delta m}{\Delta t}. \quad (1.24)$$

Більш поширеними є характеристики процесу зношування, що враховують шлях тертя L , що за постійної сили тертя і швидкості ковзання V дорівнює добутку V на час стирання Δt . Розрізняють лінійну I_h , масову I_m , об'ємну I_V і енергетичну I_w інтенсивності зношування.

Лінійна інтенсивність зношування являє собою товщину зношеного шару Δh , що припадає на одиницю шляху тертя:

$$I_h = \Delta h / L. \quad (1.25)$$

Ця величина може бути визначена за зміною об'єму ΔV або маси Δm зношеного шару:

$$I_h = \Delta V / (A_a L), \quad I_h = \Delta m / (\rho A_a L), \quad (1.26)$$

де ρ – щільність матеріалу, що стирається;

A_a – площа поверхні тертя елемента, що стирається (номінальна площа контакту, якщо поверхні тертя спряжених тіл, однакові).

Очевидно, що I_h , є безрозмірною величиною. У більшості випадків інтенсивність зношування реальних тіл визначається як: $I_h = 10^{-3} \dots 10^{-13}$.

Масова інтенсивність зношування – це маса речовини, що видаляється з поверхні тіла, яке зношується, за одиницю шляху тертя:

$$I_m = \Delta m / L. \quad (1.27)$$

Об'ємна інтенсивність зношування – це об'єм матеріалу, зношеного за одиницю шляху тертя:

$$I_V = \Delta V / L . \quad (1.28)$$

Енергетична інтенсивність зношування визначає об'єм зношеного матеріалу, що припадає на одиницю роботи сили тертя:

$$I_w = \Delta V / (FL), \quad (1.29)$$

де F – сила тертя.

Ця характеристика застосовується переважно під час вивчення роботи гальмових пристроїв і муфт зчеплення.

Зносостійкість тертьових тіл визначають величиною, зворотною інтенсивності зношування чи швидкості зношування. Вона характеризує опір матеріалу зношуванню за заданих режимів тертя. Зносостійкість ε_n різних реальних трибосистем може набувати значення, що належать широкому інтервалу: від 10^3 до 10^{13} . Розрізняють десять класів зносостійкості (від 3-го до 12-го), кожний з яких відрізняється величиною ε_n від наступних у 10 разів. Номер класу відповідає мінімальному показнику ступеня при ε_n . Під час вивчення опору матеріалів абразивному зношуванню найчастіше в лабораторних випробуваннях використовують поняття відносна зносостійкість ε_0 ,

$$\varepsilon_0 = \frac{\Delta h_0}{\Delta h}, \quad (1.30)$$

де Δh_0 – товщина зношеного шару еталона;

Δh – товщина зношеного шару матеріалу, що досліджується.

Величини Δh_0 і Δh визначаються за однакових режимів навантаження.

1.4. Класифікація видів зношування

Зношування тертьових тіл варто розглядати як сумарний результат одночасного перебігу елементарних актів руйнування і змін властивостей матеріалу, природа яких різноманітна. Це визначає різноманітність видів зношувань, що мають місце на одній і тій самій контактній площадці в будь-який заданий момент часу і є причиною розробки великої кількості класифікацій видів зношування, кожна з яких відрізняється принципом, взятим за основу.

Незважаючи на значну кількість досліджень тертя і зношування матеріалів, до цього часу немає єдиної класифікації видів зно-

шування. Найбільш поширені класифікації, запропоновані М. М. Хрущовим, Б. І. Костецьким, І. В. Крагельським, які певною мірою узагальнені в стандартах. На рис. 1.27 наведено класифікацію зношування, яка рекомендується ДСТУ 2823-94. Відповідно до ДСТУ, усі види зношування можна поділити на чотири групи: механічне; механохімічне, фретинг-корозійне і електроерозійне. Ознакою класифікації є вид зношування.

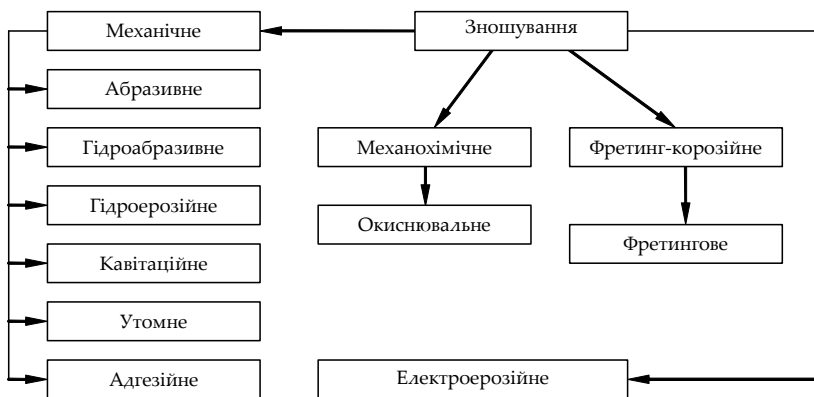


Рис. 1.27. Класифікація видів зношування

Механічне зношування відбувається як результат механічної дії під час тертя.

Абразивне зношування — це механічне зношування внаслідок різальної або дряпальної дії твердих тіл або частинок, яке є найпоширенішим видом зношування сільськогосподарської техніки.

Цей вид зношування реалізується за наявності:

- нерухомо закріплених твердих зерен на поверхні тертя одного зі спряжених тіл. Це тверді структурні складові матеріалу елементів пари тертя, частки абразивної шкірки, брусків та іншого інструменту, частки нагару на стінках циліндра двигуна внутрішнього згорання;
- вільних часток, що потрапляють у зону контакту тертьових тіл (окисні плівки, частки зносу, пилу);
- незакріплених часток, що передають тиск маси (абразивні частки в ґрунті, гірських породах, насипних вантажах під час їх транспортування), що деформується.

В абразивному середовищі процес зношування характеризується мікрорізанням і багаторазовим пластичним деформуванням одних і тих самих мікрооб'ємів металу, як результат якого має місце втомлюване руйнування поверхневого шару.

У випадку абразивного зношування лінійний знос пропорційний питомому навантаженню і шляху тертя значно залежить від твердості матеріалу, а також твердості та розміру зерен абразиву. Але пряма пропорційність зносу і питомого навантаження справедлива лише за певних умов (закріпленій абразив). У загальному випадку знос пропорційний питомому навантаженню в ступені, більшому одиниці. Відповідно до цього і враховуючи, що за постійної швидкості тертя (ковзання) шлях тертя пропорційний часу зношування, рівняння зносу можна виразити такою залежністю:

$$U = c p^n t, \quad (1.31)$$

де U — лінійний знос; c — коефіцієнт, який враховує швидкість тертя, властивості матеріалу деталі і абразивного середовища; p — питомий тиск; t — час зношування; $n = 1-3$.

Вплив твердості поверхні тертя на відносну стійкість проти зношування металів та сплавів за абразивного зношування зображено на рис. 1.28. Технічно чисті метали в ненаклепаному стані і сталі у відпаленому стані розміщуються на одній прямій, тобто:

$$\varepsilon = b H_M, \quad (1.32)$$

де ε — відносна стійкість проти зношування; b — коефіцієнт пропорційності; H_M — твердість матеріалу, яка визначається вдавленням алмазної піраміди.

Для термічно оброблених сталей:

$$\varepsilon = \varepsilon_B + b' (H_M - H_B), \quad (1.33)$$

де ε_B — відносна стійкість сталі проти зношування у відпаленому стані;

b' — коефіцієнт, який залежить від хімічного складу сталей; H_B — твердість сталі у відпаленому стані.

Але відносна стійкість проти зношування термічно оброблених сталей підвищується із збільшенням твердості повільніше, ніж у сталей у відпаленому стані ($b < b'$).

Відносна стійкість проти зношування механічно наклепаних металів і сталей за абразивного зношування практично не залежить від твердості. Таким чином, з огляду на відносну стійкість проти зношування важливо знати не тільки значення, але і походження твердості матеріалу.

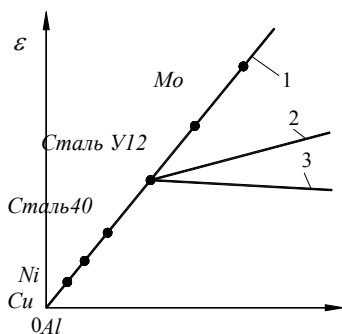


Рис. 1.28. Вплив твердості металів і сплавів на їх відносну стійкість за абразивного зношування:

- 1 — чисті метали і сплави у відпаленому стані; 2 — термічно оброблена сталь; 3 — механічно наклепана вуглецева сталь

твердістю матеріалу H_M ілюструє рис. 1.30, з якого бачимо, що у зоні I знос під впливом абразивних частинок не спостерігається, в — II, де твердість абразиву більша твердості матеріалу (але не більше як на 30 %) знос збільшується лінійно, а в області III, де твердість абразиву значно більша твердості матеріалу (на 30–60%), знос і відносна стійкість практично не залежать від твердості абразивних частинок.



Рис. 1.29. Твердість матеріалів за шкалою Мооса

Зносостійкість залежить від співвідношення твердості матеріалу H_M і абразиву H_A : $K_T = H_M/H_A$.

Якщо $K_T < 0,7$, то відбувається руйнування за однократного проходу (мікрорізання). Якщо $K_T > 0,7$, процес переходить у багатоциклічний. Твердість різних матеріалів за шкалою Мооса показано на рис. 1.29. Шкала побудована з таких міркувань: твердість м'якого мінералу тальку — прийнята за одиницю, а твердість алмаза прирівняна до 10 балів.

Співвідношення між твердістю абразивних зерен H_A і

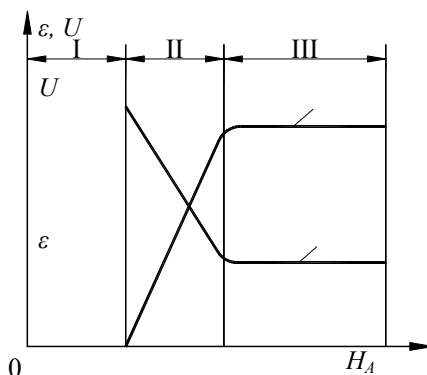


Рис. 1.30. Характер залежності зносу та стійкості проти зношування матеріалу від твердості абразиву

Гідроабразивне і газоабразивне зношування — абразивне зношування як результат дії твердих тіл або твердих частинок, які забираються відповідно потоком рідини (наприклад, зношування лопаток насоса, що подає воду, яка містить пісок) або газу.

За гідро- і газоабразивного зношування також діє механізм розглянутого вище абразивного зношування, але з меншою інтенсивністю внаслідок менших питомих навантажень на матеріал.

Гідроерозійне зношування — механічне зношування поверхні як результат дії потоку рідини.

Газоерозійне зношування — механічне зношування поверхні як результат дії потоку газу. Гідро- і газоерозійне зношування часто поєднуються з іншими видами зношування.

Кавітаційне зношування — механічне зношування під час руху твердого тіла відносно рідини, за якого бульбашки газу лопаються біля поверхні, що створює місцевий високий питомий тиск або високу температуру.

Кавітація виникає там, де порушується суцільність відносного потоку рідини, як результат утворюються порожнини, заповнені повітрям або парою. Ці, так звані кавітаційні бульбашки, знаходячись біля поверхні металу, скорочуються з великою швидкістю і потім розриваються, що призводить до гідравлічного удару рідини на поверхні металу. У разі накладання на поверхню металу великої кількості таких ударів утворюються каверни діаметром 0,2–1,5 мм, навколо яких з'являються напливи, що створюють враження видавлених кратерів. Таким чином, вид руйнування металу в чистій воді свідчить про те, що поверхня металу схильна до механічної дії. Додаткове значення за кавітаційного зношування може мати і корозійний фактор, який знижує опір металу циклічним механічним діям.

Кавітаційному зношуванню піддаються гвинти і лопатки турбін. У двигунах внутрішнього згорання цей вид зношування спостерігається на поверхні гільз циліндрів (з боку сорочки), охолоджуваних потоком води.

До *утомного зношування* відносять випадки, коли під час роботи трибосистем відсутні аномальні ушкодження (схоплювання, задир, мікрорізання, припикання поверхонь тощо), тертя перебігає в нормальних умовах, з мастильним матеріалом, проте, внаслідок тертя матеріал поверхневого шару «утомлюється» і починає відокремлюватися у вигляді часток зносу. Тут можна провести аналогію з поняттям «утомна міцність».

Розрізняють утомне зношування двох видів: багатоциклічне і малоциклічне. Багатоциклічне зношування виникає за пружного контактування. Багаторазовий вплив на мікровиступ призводить до поступового нагромадження мікрodefектів, утворення мікротрі-

щин, за злиття яких утворюються поверхневі макротріщини, які спричиняють руйнування матеріалу і відділення часток зносу. За малоциклічного зношування спільна дія нормального і дотичного навантажень при терті призводить до того, що максимальне дотичне напруження виникає не на поверхні, а під плямою контакту на невеликій глибині, де накопичуються ушкодження і утворюються тріщини. У крихкого матеріалу тріщина виникає на поверхні. Малоциклічне зношування спостерігається за пластичного деформування поверхонь (без різання) більш м'якого матеріалу виступами більш твердого. У місцях такого деформування нерідко утворюються бічні навали, які за наступних проходів теж можуть відокремлюватися у вигляді продуктів зносу.

Особливим проявом багатоциклічного зношування є так званий пітинг (англ. Pit – поглиблення), що виникає на доріжках кочення вальниць за пульсації навантаження.

Пітинг виникає як результат багаторазового деформування поверхонь, що навантажуються, тілами кочення. Виразки пітингу часто називають викришуванням. Крім вальниць і напрямних кочення, такий знос характерний для зубів шестерень, шліцьових спряжень і низки інших контактних пар.

Кількісне оцінювання контактної втоми виражається в кількості циклів навантаження або годинах роботи до виникнення втомних руйнувань поверхонь. Поява втомного зношування – викришування – призводить до посилення вібраційно-акустичної активності механізмів, підвищення рівня шуму, збільшення концентрації навантаження, контактних напруг, зменшення розміру площі несучої поверхні тертьових поверхонь, виникнення інтенсивного зносу і заїдання. Умови виникнення і кінетика розвитку втомного зношування залежать від напруженого і деформованого стану поверхневих і приповерхневих шарів матеріалу, фізико-механічних властивостей матеріалу, фізико-хімічних властивостей мастильних матеріалів і навколишнього середовища, товщини мастильного шару, кінематики контакту, форми і розмірів дотичних деталей. Пружне контактне макродеформування матеріалів супроводжується появою мікропластичних деформацій у мікрооб'ємах.

Виникненню мікротріщин за циклічних контактних впливів сприяє вплив концентраторів напруг. До поверхневих концентраторів напруг належать дефекти у вигляді подряпин, вм'ятин, рисок, припиків тощо. До підповерхневих концентраторів напружень належать неметалічні домішки, мікропори, раковини, карбіди й інше. Суттєвий вплив має значення максимальних дотичних напружень. Первинна тріщина частіше виникає на поверхні контакту, але може зароджуватись і у приповерхніх шарах матеріалу.

Зі збільшенням товщини мастильного шару зменшуються кількість взаємодіючих мікронерівностей, тривалість і величина деформування, відвертається металевий контакт. Умовами появи викришування, пов'язаного з пластичними деформаціями, можна пояснити позитивний вплив підвищених значень меж пружності, плинності, в'язкості матеріалу, твердості несучої ділянки матеріалу, а також провідне значення дислокаційних процесів – утворення порожнеч, злиття дислокацій уздовж площин ковзання або спайності.

Зношування за фретингу — механічне зношування контактних тіл за малих коливальних відносних переміщень.

Адгезійне зношування – це явище утворення міцних сполук у зонах фактичного контакту третіх тіл, глибинного виривання матеріалу одного тіла і переносу на поверхню тертя іншого, яке супроводжується зміною їхніх лінійних розмірів.

Адгезійне зношування спостерігається в зубчастих і зубчато-гвинтових передавачах; тяжко навантажених вальниць ковзання; вальниць кочення; парах тертя плунжер – втулка, циліндр – поршневе кільце, напрямні металорізальних верстатів – супорт; у трибосистемах, які експлуатуються у вакуумі або інертному середовищі; в сполученнях, що експлуатуються за високої температури (ролики прохідних печей, прокатних верстатів, деталі гальмових пристроїв).

Механічно-хімічне зношування є результатом механічної дії під час тертя, яке супроводжується хімічною і (або) електрохімічною взаємодією матеріалу із середовищем.

Окиснювальне зношування є окремим випадком механохімічного, коли метал вступає в хімічну реакцію з окиснювачами навколишнього середовища або мастильного матеріалу. Кисень повітря, взаємодіючи з металом, утворює на ньому окисну плівку, яка значно впливає на процес тертя. У випадку тертя в умовах мащення метал окиснюється киснем, розчиненим у мастилі. Окисні плівки у місцях контактування поверхонь захищають метали від безпосереднього наближення до відстані, за якої можливе схоплювання. Нездатність самих окисних плівок до схоплювання обумовлена їх неметалічною природою.

Під час тертя окисні плівки поступово стираються або, відриваючись, видаляються мастилом. Потім окисні плівки утворюються знову. Таким чином, окисне зношування являє собою зношування безперервно відновлюваних окисних плівок.

Окиснювальне зношування відбувається, коли швидкість утворення плівок оксидів більша або дорівнює швидкості їхнього руйнування. У протилежному випадку можливий перебіг інших видів зношування, наприклад, адгезійного.

Окиснювальне зношування зазнають вальниці кочення, шарнірно-болтові з'єднання, металеві колеса фрикційних передавачів, поршніві пальці двигунів, деталі гідравлічних насосів і двигунів внутрішнього згорання.

Зношування за фретинг-корозії — це процес руйнування поверхонь тертя за малих циклічних переміщень спряжених тіл, що супроводжується зміною лінійних розмірів цих тіл.

Цей процес виявляється як сильно виражений процес окиснювання і схоплювання матеріалів тертьових тіл, що локалізується на невеликих ділянках контакту і супроводжується їх утомним і абразивним зношуванням. Цей вид зношування спостерігається в болтових, заклепувальних, штифтових і шпонкових спряженнях, парах вал – маточина, на посадкових поверхнях деталей, у шарнірах, ресорах, регуляторах електричних контактів, кулачкових механізмах, сталевих канатах.

Необхідною умовою появи фретинг-корозії є проковзування поверхонь контактових тіл, починаючи з величин, на порядок перевищуючих міжатомну відстань. Максимальний зсув тертьових тіл, що здійснює коливання, не має перевищувати розмір плями контакту. Завдяки цьому частки зносу не можуть вийти за межі контактної площадки і забезпечують виникнення високих тисків на локальних ділянках.

Кінетика зношування за фретинг-корозії полягає в такому. Спочатку відбувається динамічне навантаження матеріалу контактових нерівностей і видалення адсорбційних і оксидних плівок на плямах контакту. За багаторазового навантаження матеріал вершин деяких контактових нерівностей пластично деформується. Це призводить до збільшення концентрації дефектів і підвищення фізико-хімічної активності матеріалу на плямах контакту.

Подальше навантаження супроводжується, з одного боку, зростанням інтенсивності локального окиснювання матеріалу, а з іншого – утворенням містків зварювання досить малих розмірів. Зсув тертьових тіл спричинює руйнування цих містків і відрив мікроскопічних часток металу з поверхні одного з тертьових тіл.

Поверхня тертя деталей, які піддаються фретинг-корозійному зношуванню, покривається поглибленнями і нагадує за характером руйнування поверхні після корозійного зношування. Ушкодження концентруються на окремих ділянках, що відповідають вершинам хвиль.

Електроерозійне зношування виникає як результат дії на поверхню тертя розрядів під час проходження електричного струму.

У реальних умовах роботи спряжених деталей частіше всього поєднуються ті або інші види зношування.

У деяких умовах тертя поєднання двох різних видів зношування може призвести до нових явищ. Прикладом цьому є зношування за фретинг-корозії — поєднання абразивного зношування з окисним у певних умовах контактування поверхонь.

Прийнятне уявлення про швидкості зношування можна одержати з таких даних, мкм/год: окисне зношування – 0,1-0,5, абразивне – 0,5-5,0, адгезійне зношування – 10-15.

Швидкість зношування суттєво знижується в умовах тертя за наявності мащення. Мащення за типом поділу поверхонь тертя мастильним шаром поділяється на три основні види: гідродинамічне (повний поділ поверхонь тертя здійснюється як результат тиску, що виникає в шарі рідини за відносного руху поверхонь), граничне (зношування і тертя між поверхнями, що рухаються одна відносно одної, визначаються властивостями поверхонь і мастильного матеріалу, відмінними від об'ємної в'язкості) і змішане (здійснюється частково гідродинамічне, частково граничне мащення). Прикладом такого мащення може бути мащення корінних вальниць колінчастого вала.

1.5. Вплив макро- і мікроструктури матеріалу деталей на їх експлуатаційні властивості

Залежно від виду і якості обробки деталі, формування властивостей на поверхні тертя з'являються різні макроструктурні зміни, які уповільнюють або прискорюють процес зношування металу. На інтенсивне руйнування робочого шару деталі і знос впливають концентратори напружень. Вони можуть бути пов'язані з наявністю глибоких рисок або із структурою металу (великі неметалічні домішки, пори, раковини, тріщини тощо).

Великий вплив на стійкість проти зношування має мікроструктура матеріалу деталей, фазовий склад і фізичний стан поверхневого шару. Мінімальну стійкість проти зношування мають матеріали з переважно феритною або феритно-перлітною структурою, а максимальну — матеріали з бейнітною і мартенситною основою, домішками цементиту і спеціальних карбідів.

Високу стійкість проти зношування мають високоміцні і спеціальні чавуни (леговані нікелем, хромом, молібденом), у яких є до 20 % карбідної фази, бейнітна матриця і домішки графіту. Останні характеризуються змащувальною дією. Такі матеріали відрізняються низьким коефіцієнтом тертя.

Під час експлуатації, залежно від величини діючих навантажень, швидкості ковзання і температурних умов тертя, на поверхні

формується особливі структури. У початковий період експлуатації структурні зміни відбуваються на електронному рівні: збільшується щільність дислокацій, потім відбувається їх упорядкування. Поява таких структур призводить до зміни мікроструктури. Надлишкові фази виділяються на ділянках скупчення дислокацій. Це, в першу чергу, вуглець (карбіди, нітриди), окисли, які спричиняють порушення суцільності поверхневого шару і викришування окремих ділянок.

У процесі тертя тонкий поверхневий шар деталей піддається нагартуванню, величина якого оцінюється за зміною рівня мікротвердості фази. Що структурна складова м'якіша, то більший ступінь її зміцнення. Глибина нагартованого шару залежить від величини питомого тиску і, як правило, не перевищує 0,5-0,8 мм. У твердих фазах (карбіди, цементит) наклепування незначне, а дія великих питомих тисків виявляється у формуванні дислокаційних сіток і субграниць.

Крім того, можливе з'явлення на поверхні тертя «білих» шарів, які не піддаються травленню, але можуть мати подвійну природу: сформовані під дією високих питомих тисків і підвищених температур являють собою ультрадисперсний (дуже дрібний) конгломерат фаз, включаючи карбіди, карбонітриди; сформовані як результат хімічної взаємодії металу з киснем і утворенням високотвердих окислів.

Такі структурні зміни на поверхні тертя призводять до поступового її руйнування. Ось чому перед ремонтом і відновленням поверхневого шару деталей потрібно усунути пошкоджені зони, які можуть стати причиною руйнування за подальшої експлуатації або навіть ремонту (наплавлення, напилювання тощо).

Суттєвий вплив на експлуатаційні показники деталей має і рівень розтягувальних напружень. Що він вищий, то більша схильність робочого шару деталей до пошкоджень. Рівень розтягувальних напружень особливо високий під час відновлення деталей наплавленням, напилюванням, поверхневим загартуванням. Для зменшення таких напружень проводять релаксаційне відпалювання. Після відновлення деталей піддають поверхневому нагартуванню. При цьому поліпшується макроструктура (зменшується пористість).

1.6. Загальні закономірності процесу зношування і методи визначення зносу

Процес зношування є незворотним монотонним процесом з поступовим нагромадженням зносу, який можна уявити у вигляді інтегральної функції:

$$U(t) = \int_0^t v(t) dt, \quad (1.34)$$

де $U(t)$ — нагромаджений знос за час t ; $v(t)$ — швидкість процесу зношування, яка може залежати від часу зношування.

На зміну швидкості зношування за часом можуть впливати форма спряжених поверхонь, їх шорсткість, постійне або переривне контактування поверхонь у процесі роботи механізму тощо.

Динаміка зношування. На рис. 1.31 наведено варіанти кривих динаміки зношування поверхні пари тертя.

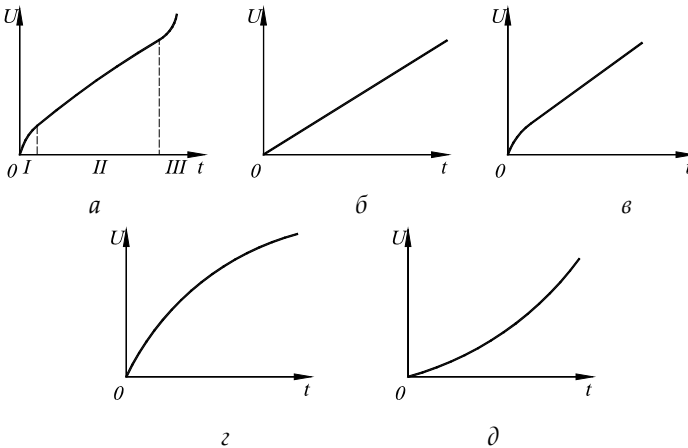


Рис. 1.31. Криві динаміки зношування

Розглянемо найбільш загальний варіант — типову криву, яка складається з трьох характерних ділянок:

I — характеризує початкову роботу спряження, коли найбільш виразно відбувається процес зміни геометрії (шорсткості) поверхонь тертя і фізико-механічних властивостей поверхневих шарів матеріалу, які проявляються за постійних зовнішніх умов у зменшенні роботи тертя, температури та інтенсивності зношування. Цей початковий період визначає процес припрацювання пари тертя;

II — характеризує нормальну роботу спряження. У цей період відбувається поступове нарощування зносу, який має у деяких ви-

падках сталий лінійний характер (швидкість зношування в середньому постійна);

III — характеризує інтенсивне, форсоване нарощування зносу. Робота спряження при цьому може супроводжуватися з'явленням різного роду шумів і стуків і навіть призвести до руйнування деталі, тобто за досягнення третього періоду подальша робота спряження недопустима.

Найбільш характерні графіки динаміки зношування наведено на рис. 1.31б,в,г,д.

б — лінія, характерна для абразивного зношування деталей сільськогосподарських машин (леміш плуга, шарніри ланцюгів транспортера тощо);

в — крива, характерна для зношування шийки вала, спряженої із сальником, а також для рухомих спряжень за таких умов роботи, коли зазор постійно вибраний в один бік (наприклад, ролик штовхача паливного насоса, спряжений з віссю);

г — крива, характерна для спряжень, що працюють за великих питомих навантажень, які збільшуються із збільшенням зазору (наприклад, колінчастий вал — вальниця);

д — крива, характерна для зношування деталей внаслідок втомлюваних руйнувань поверхневих шарів металу (бігові доріжки кілець вальниць кочення, зуби шестерень тощо). У початковий період зношування практично не відбувається, оскільки нагромаджуються дефекти втомленості структури металу, які потім призводять до форсування відокремлення частинок, тобто до зношування.

Як відомо, процес зношування належить до категорії випадкових процесів, що призводить до розсіювання часу роботи однакових деталей до їх граничного стану, тобто до розсіювання ресурсу деталей.

Оцінювання фактичного ресурсу деталей (вузлів, агрегатів машин) та його імовірні характеристики (середній ресурс, гамма-відсотковий ресурс тощо) мають велике значення, оскільки інформація, отримана під час таких досліджень, є вихідною для виявлення резервів підвищення ресурсу виробів.

Оцінювання довговічності деталей і спряжень зводиться до пошуку функції розподілу ресурсу, яку знаходять за даними спеціально проведених експлуатаційних або прискорених випробувань.

Вихідними даними для оцінювання довговічності деталей є також результати мікрометражного вимірювання деталей машин, які підлягають капітальному ремонту (ремонтна інформація). Наробіток таких машин має випадковий характер. За сукупністю значень двомірної випадкової величини (знос-наробіток) виконуються

статистичні розрахунки (кореляційно-регресивний аналіз) і оцінюється ресурс деталей.

На кафедрі ремонту машин ХНТУСГ тривалий час проводилися дослідження для оцінювання ресурсу двигунів типу СМД, які експлуатувалися в умовах господарств. Було виявлено, що використання стандартних статистичних методів для обробки такої інформації некоректно, оскільки вона не до кінця відповідає вимогам, які ставляться до випадкових вибірок. У зв'язку з цим було прийнято варіант дослідження із застосуванням методів статистичного моделювання. У моделі було враховано випадкові виробничі (неоднорідність початкових якостей деталей) і експлуатаційні (нестабільність умов експлуатації) фактори. За цими ознаками моделі процесу зношування поділяють на три види: віяловий процес (враховує тільки розсіювання початкових властивостей деталі), процес із сильним перемішуванням (враховує тільки мінливість експлуатаційних факторів) і процес із слабким перемішуванням (враховуються обидва фактори). Ознакою поділу цих процесів є поведінка їх дисперсій за часом.

Було прийнято статистичну дискретну лінійну модель процесу зношування:

$$U(t_i, k) = \sum_{i=1}^k b(1 + V_{\xi} z_{\xi i}) \cdot (1 + V_{\mu} z_{\mu ij}) \Delta t_j, \quad (1.35)$$

де $U(t_i, k)$ — знос i -ї реалізації у момент часу t ;

b — середня швидкість зношування (за даними вихідної інформації);

V_{ξ} і V_{μ} — коефіцієнт варіації випадкових величин ξ і μ ;

ξ_i — центрована випадкова величина середньої швидкості зношування для одної реалізації b_i відносно загальної швидкості;

b_j і μ_{ij} — центрована випадкова величина з нотування. b_{ij} (i -ї реалізації в j -му інтервалі наробітку) відносно b_j ;

$z_{\xi i}$ і $z_{\mu ij}$ — нормовані випадкові величини, розподілені за будь-яким законом (генеруються на ЕОМ);

Δt_i — інтервал наробітку.

Моделювання виконувалось за розробленою програмою на ЕОМ. За заданого значення граничного зносу ЕОМ формує реалізацію (за попередньо прийнятим параметром моделі), видає вибірку ресурсів за кожною реалізацією і розрахункові значення гамма-відсоткових ресурсів (значення гамма задаються).

Результати досліджень було використано для виявлення резервів підвищення довговічності двигунів і конструктивно-технологічних рішень.

Методи визначення зносу деталей. Мікрометражне вимірювання деталей — найпоширеніший метод, який застосовують для виявлення динаміки зношування деталей, дослідження характеру зношування робочих поверхонь (топографія зносу).

Для мікрометражного вимірювання деталей використовуються універсальні та спеціальні вимірювальні мікрометричні засоби. Величина приросту зносу визначається як різниця розмірів поверхонь деталей до і після зношування.

Метод має свої недоліки: потрібно розібрати вузол, важко повторити вимірювання в одних і тих самих точках, неможливо виділити із загальної величини ту частину зносу, яка відбулася внаслідок пластичної деформації.

Зменшення і навіть усунення вказаних недоліків в окремих випадках може досягатися проведенням спеціальних статистичних випробувань без проміжного розбирання, застосуванням спеціальних пристроїв для забезпечення повторюваності вимірювань у тих самих місцях.

Профілографування поверхонь проводять спеціальними приладами — профілографами, які дають можливість графічно записати фактичний рельєф зношеної поверхні.

Метод штучних баз застосовується у двох варіантах: за допомогою відбитків і вирізання лунок. У першому випадку на поверхню тертя натисканням наносять заглиблення чітко визначеної форми (конус, піраміда). За зменшенням заглиблення, яке окремо вимірюють на відбитку у плані до і після зношування, визначають величину зносу. У другому випадку на поверхні тертя обертальним тригранним алмазним різцем нарізають лунки. У такому разі, на відміну від попереднього способу, немає напливів від тиснення.

Визначення зносу за втратою маси є інтегральним методом, оскільки встановлюється загальний знос поверхні деталі. Вимірювання проводиться шляхом зважування деталей до і після зношування. Застосовується метод для деталей невеликих розмірів із використанням аналітичних ваг з ціною поділки 10^{-4} г.

Визначення зносу за вмістом продуктів зношування у оливі проводиться за відібраною пробєю оливи (наприклад, з картера двигуна), яка спалюється. За допомогою хімічного або спектрального аналізу золи спаленої оливи визначають уміст металу. Перевага методу у тому, що він не потребує розбирання вузла чи агрегату, недолік — неможливо визначити кількісний знос окремих деталей.

Визначення зносу за допомогою радіоактивних ізотопів проводять за такою схемою: у досліджуваній зразок (деталь) вводять радіоактивний ізотоп. У процесі зношування маслом виносяться продукти зношування разом із радіоактивним ізотопом, які проходять через лічильник імпульсів, що вимірює радіоактивність мастила, яка збільшується в міру зносу деталі. Цим способом можна визначити динаміку зношування без розбирання, але без даних про розподіл зносу на поверхні. Спосіб потребує спеціального обладнання.

1.7. Критерії граничного стану деталей і спряжень

Під час ремонту має бути відновлено не тільки працездатність (або справність) машини, але й її міжремонтний ресурс. Тому у машині залишають для подальшої експлуатації тільки ті деталі і спряження, залишковий ресурс яких дорівнює або перевищує міжремонтний ресурс агрегату або машини. У зв'язку з цим граничний стан деталей і спряжень під час ремонту набуває трохи іншого змісту і визначається як допустиме під час ремонту (або просто допустиме) значення параметра стану.

Таким чином, допустимим значенням параметра стану називається таке його значення, за якого залишковий ресурс деталі або спряження дорівнює міжремонтному ресурсу окремого елемента (вузла, агрегату) або машини загалом.

До параметрів граничного (допустимого) стану деталей і спряжень відносять граничні значення зазору у спряженнях, розміру або зносу елементів деталі, похибки форми (овальність, конусоподібність тощо) і взаємного розміщення осей та поверхонь (неспіввісність, радіальне биття тощо), а також параметрів пружності пружин, поршневих кілець тощо.

Значення параметрів граничного (допустимого) стану деталей і спряжень обумовлюють у технічній документації. Для ремонту машин такою документацією є технічні вимоги на дефектацію для конкретної марки машини.

Граничні і допустимі значення геометричних та інших параметрів можуть бути встановлені шляхом: теоретичних розрахунків; масового мікрометражного вимірювання деталей, які надійшли на ремонт, і відповідного статистичного аналізу даних; спеціальних випробувань (прискорених або експлуатаційних); порівняння з попередньою конструкцією (на першому етапі виробництва нової машини).

Граничні параметри деталей і спряжень не можуть бути призначені довільно.

Граничні параметри встановлюються за технічним, технологічним і економічним критеріями.

Застосування того або іншого критеріїв залежить від призначення машини та її вузла чи механізму. При цьому один з критеріїв матиме основне значення, інші можуть бути допоміжними або контрольними.

Технічний критерій. За цим критерієм установлюють граничні параметри деталей і спряжень з урахуванням міцності, характеру зміни діючих навантажень, умов тертя, теплової напруженості, властивостей поверхонь тертя тощо. При цьому граничні параметри деталей визначають моментом різкого підвищення інтенсивності зношування або припиненням роботи механізму.

Технологічний критерій (критерій якості). За ним граничні параметри деталей і спряжень установлюють, виходячи з норм на зміну показників якості роботи машини або її агрегатів та вузлів. Цей критерій може бути основним для робочих органів сільськогосподарських машин і механізмів, які керують ними, оскільки головним призначенням їх деталей і спряжень є забезпечення певної якості роботи (допустимі коливання за глибиною оранки, нерівномірність висіву насіння тощо).

Економічний критерій є основним для механізмів, які керують процесами подачі палива у двигун, його згорання, відведення продуктів згорання тощо.

Здебільшого основні деталі досягають свого граничного стану не тому, що знос спричиняє небезпеку їх поломки, а тому, що із збільшенням зазорів у спряженнях погіршуються робочі параметри двигуна (знижується потужність, збільшується питома витрата палива тощо), а отже, і знижується продуктивність машини та збільшуються витрати експлуатаційних матеріалів, що впливає на економічність.

Одним із поширених параметрів економічного критерію граничного стану вузла, агрегату або машини є оптимальна довговічність, тобто такий ресурс або строк служби, за якого досягається мінімум витрат на її придбання, експлуатацію і ремонт, що припадають на одиницю продукції або одиницю наробітку (рис. 1.32).

Експлуатація машини після оптимального часу t_{opt} , а відповідно й її зношування, викликає таке збільшення витрат, які можуть бути прийняті як граничні.

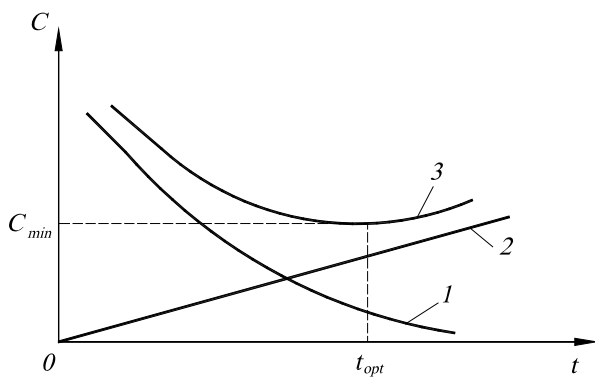


Рис. 1.32. Схема визначення економічно оптимального ресурсу машин:
 питомі витрати: 1 — амортизаційні, 2 — експлуатаційні; 3 — сумарні

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ

2.1. Основні поняття та визначення

Зараз застосовується *комплексна система технічного обслуговування і ремонту машин*, під якою розуміється сукупність взаємозв'язаних засобів, документації та виконавців, необхідних для підтримання і відновлення якості сільськогосподарської техніки. Ця система передбачає застосування засобів діагностування.

Технічне обслуговування (ТО) — це комплекс робіт з підтримання працездатності або справності машин під час їх використання за призначенням, зберігання та транспортування (детальна технологія і організація ТО розглядається у самостійному курсі).

Перед розглядом проблем ремонтного виробництва пригадаємо деякі терміни і поняття теорії надійності.

Надійність — це властивість об'єкта зберігати за часом у встановлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах і умовах виконання ТО, ремонтів, зберігання і транспортування.

Надійність є комплексною властивістю об'єкта, яка, залежно від призначення і умов його застосування, складається з таких показників: безвідмовності, довговічності, ремонтопридатності та збереженості.

Фактори, які спричиняють зміну параметрів, що визначають нормальне функціонування об'єкта, впливають на його технічний стан, тобто об'єкт у процесі експлуатації в деякий момент часу може бути справний або несправний, працездатний або непрацездатний. Уточнимо ці поняття.

Справний стан — це стан об'єкта, за якого він відповідає всім вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації.

Несправний стан — стан об'єкта, за якого він не відповідає хоча б одній з вимог нормативно-технічної і (або) конструкторської документації.

Працездатний стан — стан об'єкта, за якого значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації.

Непрацездатний стан — це стан об'єкта, за якого значення хоча б одного параметра, що характеризує здатність виконувати задані функції, не відповідає вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації.

Працездатний об'єкт може вважатися несправним. Наприклад, трактор зберігає працездатність за наявності вм'ятин на облицюванні, несправного лічильника мотогодин тощо.

Перехід об'єкта з одного стану в інший визначається такими подіями.

Пошкодження — подія, яка полягає в порушенні справного стану об'єкта за збереження працездатного стану.

Відмова — подія, яка полягає у порушенні працездатного стану об'єкта.

З метою наукових досліджень і вирішення прикладних (інженерних) задач численні види відказів класифікуються за різними ознаками. Наприклад, залежно від причин, які спричинили відказ — на раптові та поступові; за ознакою складності усунення відказів — на кілька груп складності; за ознакою походження — розрахунково-конструкторські, виробничо-технологічні або експлуатаційні; за ознакою умов усунення відказів (у польових умовах, майстернях різного виду господарств, на спеціалізованих ремонтних підприємствах) — на ресурсні і не ресурсні.

Усунення наслідків відказів завжди пов'язане з матеріальними і трудовими затратами. Вони складаються з розбирально-складальних і регулювальних робіт, витрат на запасні частини або заміну агрегату і втрат від простою машин. Особливо вагомі втрати від простою машини.

Підтримання машин у працездатному стані дає значний економічний ефект внаслідок зниження сумарних витрат, пов'язаних з втратами від простоїв і на усунення наслідків відказів.

Слід зазначити, що найбільший вплив на експлуатаційні якості сільськогосподарської техніки мають такі властивості надійності, як довговічність і безвідмовність.

Безвідмовність — це властивість об'єкта безперервно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або напрацювання. Одним з показників такої характеристики є вірогідність безвідмовної роботи, тобто вірогідність того, що в межах заданого наробітку відказ об'єкта не виникне.

Довговічність — властивість об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану за встановленої системи ТО і ремонту.

Граничний стан — це стан об'єкта, за якого його подальше застосування за призначенням недопустиме чи недоцільне або працездатність неможлива чи недоцільна.

Довговічність кількісно оцінюється двома показниками: ресурсом і строком служби.

Ресурс — наробіток об'єкта від початку його експлуатації або її відновлення після ремонту певного виду до переходу в граничний стан (наробіток — тривалість або обсяг роботи об'єкта).

Строк служби — календарна тривалість експлуатації об'єкта від її початку або відновлення після ремонту певного виду до переходу в граничний стан.

Спираючись на поняття і термінологію, сформульовані в науці про надійність, легко визначити відповідні терміни, які застосовують у галузі ремонту техніки.

Ремонт — це комплекс операцій, призначених для відновлення справності або працездатності виробів і відновлення ресурсу виробів або їх складових частин. Розрізняють два види ремонту сільськогосподарської техніки: капітальний і поточний.

Капітальний ремонт — вид ремонту, який виконують для відновлення справності і повного (або близького до повного) відновлення ресурсу виробів із заміною або відновленням будь-яких складових частин, зокрема базових. Відповідно розрізняють капітальний ремонт машини і складових частин (агрегатів).

Поточний ремонт — вид ремонту, який виконується для забезпечення або відновлення працездатності машини із заміною або відновленням окремих складових частин. Під час цього ремонту складові частини, що досягли граничного стану, піддають капітальному ремонту, а які не досягли — поточному (за потреби).

Поточний ремонт може виконуватись як на місці використання машини, так і у відповідних майстернях або на станціях ТО. Планові поточні ремонти тракторів проводять за результатами ресурсного діагностування через певний, передбачений нормативними документами, період наробітку, а комбайнів і сільськогосподарських машин — після сезонів збирання і польових робіт відповідно.

Найпоширеніші такі методи ремонту машин:

незнеособлений і знеособлений, які різняться тим, що під час першого з них зберігається, а під час другого не зберігається належність відновлюваних складових частин до певних машин (обладнання);

агрегатний — різновид знеособленого методу, під час якого несправні агрегати і вузли замінюють новими або раніше відремонтованими. Агрегатним методом ремонтують машини, конструктивні особливості яких дозволяють розчленувати їх на складові частини (агрегати і вузли). При цьому кожна складова частина має бути автономною, конструктивно закінченою, легко відокремлюватись (без складних розбирально-складальних і регулювальних робіт) від інших частин машини. Завдяки автономності складові частини машини можна самостійно ремонтувати на ремонтних підприємствах.

Терміни «відновлення» і «ремонт» деталей розглядають як технологічні процеси, реалізація яких спрямована на відновлення початкових властивостей деталей, але відрізняються вони за рівнем досягнення цих властивостей.

Відновлена деталь має бути взаємозамінною за розмірно-точносними параметрами, а фізико-механічні та інші властивості поверхневих шарів і в об'ємі матеріалу забезпечувати ресурс до граничного стану не нижчий нової (якщо інше не обумовлене чинною нормативно-технічною документацією).

Відремонтована деталь має перейти із непрацездатного у працездатний стан, маючи при цьому як повну, так і неповну взаємозамінність, а відповідні технологічні операції забезпечувати її ресурс не менше, як до наступного чергового ремонту.

2.2. Структура технологічного процесу ремонту машин

Виробничий процес ремонту — це сукупність взаємозв'язаних людей і знарядь виробництва, потрібних на цьому підприємстві для здійснення ремонту машин, обладнання та іншої техніки.

Технологічний процес є складовою виробничого процесу. У виробничий процес входять і допоміжні процеси, наприклад виробництво пристроїв та інструменту, ремонт власного обладнання тощо, а також обслуговуючі процеси (внутрішньовиробниче транспортування матеріалів і деталей, складські операції тощо), які забезпечують виконання основного технологічного процесу ремонту.

Технологічний процес ремонту — основна частина виробничого процесу, яка містить дії щодо послідовної зміни стану об'єктів ремонту або його складових частин (машина, агрегат, вузол, деталь) під час відновлення їх справності або працездатності.

Технологічний процес ремонту машин загалом включає певний набір складових частин, тісно пов'язаних у своїй технологічній послідовності. Структура технологічного процесу характеризує і ступінь розчленування операцій. Необхідність розробки варіантів структурної побудови технологічних процесів обумовлена кількістю типів і марок об'єктів ремонту, видів ремонтних підприємств за своїм призначенням, спеціалізацією та програмою. На рис. 2.1 наведено принципову схему технологічного процесу капітального ремонту машин. Вона ілюструє укрупнене розчленування процесу на складові частини та їх технологічні зв'язки від початку ремонту до виходу справної машини.

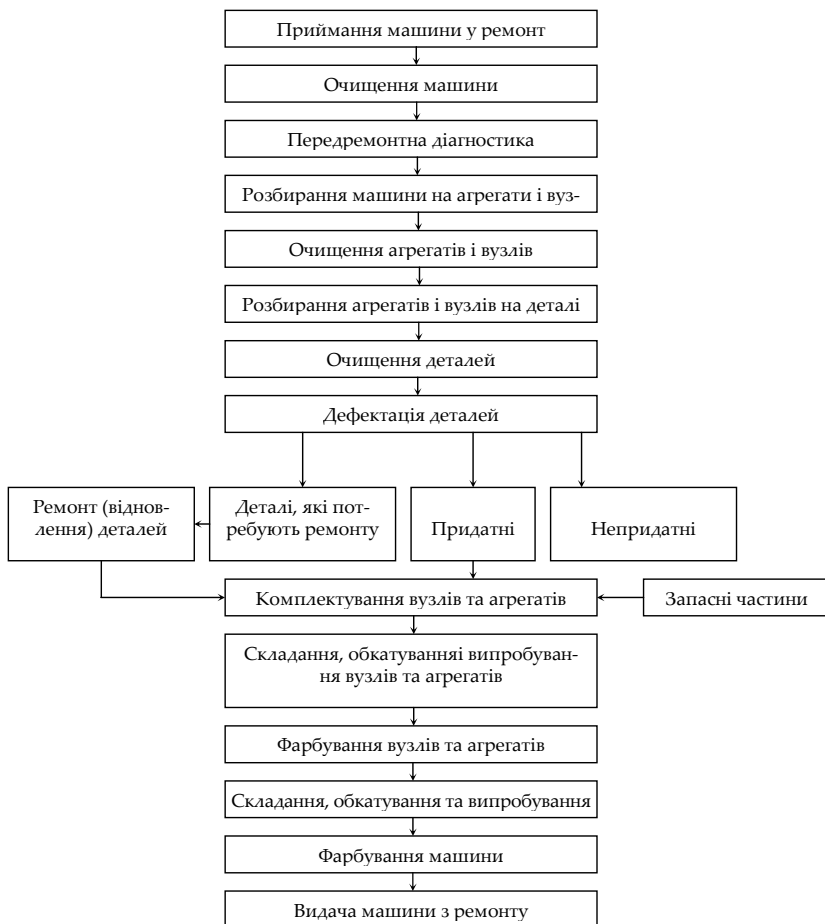


Рис. 2.1. Принципова схема технологічного процесу капітального ремонту

Схеми технологічних процесів мають бути інформативними (у межах їх призначення). У принциповій схемі, наприклад, крім складу і призначення окремих частин технологічного процесу, можна знайти передбачену процесом багатостадійність очисних операцій, необхідність і характер сортування деталей ремонтного фонду тощо.

Структура технологічного процесу може змінюватись, наприклад, внаслідок розгалуження за ходом основного напрямку проце-

су через необхідність прийняття (за результатами діагностичного контролю) технологічних рішень за альтернативними ознаками (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Схема технологічного процесу поточного ремонту машини

У випадку великої програми ремонтного підприємства виникає можливість поділу технологічного процесу ремонту на велику кількість окремих технологічних процесів і створення умов для оснащення робочих місць високопродуктивним технологічним обладнанням і оснащенням.

Технологічне обладнання — це знаряддя виробництва, в яких для виконання окремих частин технологічного процесу розміщують об'єкти ремонту або матеріали, засоби дії на них, а за необхідності — джерело енергії. До ремонтно-технологічного обладнання відносяться металообробні верстати, зварювальні і наплавлювальні установки, нагрівальні печі, стенди тощо.

Технологічна оснастка — це засоби технологічного оснащення, які доповнюють обладнання для виконання частини технологічного процесу. До технологічної оснастки належать патрони, люнети, інструмент, пристрої для базування і закріплення деталей тощо.

2.3. Діагностування об'єктів ремонту. Приймання машин у ремонт

Види діагностування.

Діагностування — це процес визначення технічного стану об'єкта ремонту (машини, агрегату, вузла, механізму, деталі) на відповідних стадіях експлуатації і ремонту сільськогосподарської техніки.

Діагностування у процесі експлуатації машин виконують відповідно до плану технічного обслуговування і ремонту. При цьому визначають готовність до експлуатації та чергового технічного обслуговування. У разі випадкових відказів і несправностей у машинах передбачене діагностування за замовленням, мета якого — виявлення і усунення їх причин.

Передремонтне діагностування машин виконують під час останнього ТО. Методами діагностування визначають можливість їх подальшої експлуатації або необхідність ремонту, його виду і змісту.

Цей вид діагностування передбачає весь комплекс робіт з визначенням технічного стану, прогнозування остаточного ресурсу всіх складових частин машини і називається ресурсним діагностуванням. Інформацію, отриману після діагностування, заносять до спеціальної карти або бази даних комп'ютера.

Діагностувальні операції виконують і в процесі ремонту машин. Це — попередній контроль спряжень у складі, стендові випробування агрегатів і вузлів перед розбиранням, дефектація деталей після очисних робіт тощо. Всі ці операції призначені для об'єк-

тивного оцінювання технічного стану складових частин машини і прийняття обґрунтованих рішень, пов'язаних із технологічним процесом ремонту.

Післяремонтне діагностування передбачає випробування вузлів, агрегатів і машин після ремонту, коли визначається відповідність їх технічного стану вимогам чинної нормативно-технічної документації на заданий вид ремонту і марку машини.

Технічну діагностику залежно від призначення і обсягу виконуваних операцій здійснюють у майстернях господарств, на станціях технічного обслуговування і на ремонтних підприємствах.

Нормативні дані для визначення потреби цього виду ремонту встановлюються за ресурсними параметрами, вказаними у нормативних документах діючої системи технічного обслуговування і ремонту машин.

Методи і засоби діагностування. Для визначення технічного стану машин використовують дві групи методів контролю: органолептичний, тобто за допомогою органів чуття (огляд, прослуховування, перевірка на дотик, тощо) та інструментальний. Перший метод суб'єктивний, з обмеженою достовірністю оцінювання. Разом з тим він простий і застосовується досить часто для попереднього оцінювання технічного стану агрегатів, механізмів і систем. Другий метод передбачає застосування спеціальних приладів, стендів та іншого обладнання, які забезпечують об'єктивність інформації за рахунок визначення зміни параметрів стану відповідними вимірними засобами.

Для діагностування тракторів і автомобілів залежно від кількості машин і методів організації їх технічного обслуговування та ремонту користуються спеціальними комплектами переносних приладів, пересувними діагностичними установками (ПДУ) і ремонтно-діагностичними майстернями (МПР). У пунктах технічного обслуговування і на ремонтних підприємствах установлюють комплекти стаціонарних засобів технічного обслуговування і діагностування.

Високий організаційний і технічний рівень виконання операцій діагностування сільськогосподарської техніки, створення і нагромадження бази даних для кожного конкретного об'єкта ремонту з використанням комп'ютерної техніки, де можна закласти всі відомості про результати діагностування, обслуговування, ремонтних впливів і затрати на їх реалізацію з початку і до кінця експлуатації машини дозволяє:

- попередити передчасні розбирання окремих складових частин машин, а отже, й інтенсивне зношування припрацьованих деталей спряжень;
- знизити трудомісткість поточних ремонтів;

- повніше використати ресурси складових частин машини, а отже, скоротити витрату запасних частин і загальні затрати на ремонт машин.

Крім того, нагромаджена інформація про «поведінку» машин у процесі експлуатації використовується виробником для аналізу, а на його основі — для розробки і реалізації конструкторсько-технологічних рішень, які забезпечують високу якість техніки і прогнозування конструкцій нових машин.

Приймання машин у ремонт. Трактори, автомобілі, комбайни та їх агрегати мають задовольняти певні, діючі у конкретний період, технічні вимоги. До них відносять вимоги щодо переліку і оформлення технічної документації (технічний паспорт тощо) на об'єкт ремонту, його комплектність і рівень зовнішнього очищення, дозволена обмеженість на відсутні конструктивні елементи (скло, ручки кабін тощо), кріпильні деталі тощо.

Під час здавання машини або агрегату у ремонт оформляють приймально-здавальний акт відповідно до чинних міжнародних стандартів (ГОСТ 24408-80, ГОСТ 18524-85 та ін.) а також до стандартів організацій України (СОУ 74.3-37-121:2004 та ін.), який підписує замовник і приймальник ремонтного підприємства. В акті зазначаються дані про доремонтний наробіток об'єкта, вид і стислий зміст необхідних ремонтних робіт та інші договірні умови між замовником і виконавцем. В окремому документі (акті, гарантійному талоні) вказують гарантійні обов'язки відносно післяремонтного ресурсу машини (або її складових частин), які гарантує виконавець (ремонтне підприємство) за умови виконання технічних вимог до операцій технічного обслуговування об'єкта ремонту у процесі експлуатації.

2.4. Розбирання машин, агрегатів і вузлів

У виробничому процесі ремонту машин важливе місце займає процес розбирання. У спільній трудомісткості ремонту машини розбірно-складальні роботи складають: для тракторів – 52-56% і для автомобілів 33-41%. При цьому 60-70% деталей об'єктів, що розбираються під час ремонту, придатні для повторного використання.

Процесом розбирання є сукупність різних операцій з роз'єднання всіх об'єктів ремонту на деталі в певній послідовності. Він складається з операцій, переходів і прийомів.

Операцією розбирання називають частину технологічного процесу розбирання, що виконується над одним вузлом або виробом на одному робочому місці.

Перехід – це частина операцій розбирання, що характеризується незмінністю поверхонь, що сполучаються, і вживаного устаткування.

Прийом – це закінчена сукупність окремих рухів у процесі розбирання або підготовки до розбирання.

Розбирання машини на агрегати, вузли і деталі зв'язане з одночасним виконанням супутніх робіт з доставки знятих складаних одиниць до місць їх складування або до відповідних технологічних установок.

Виконання розбірних операцій вимагає широкого використання різних видів технологічного оснащення для охоплення, зняття, встановлення і кріплення складаних одиниць.

Технологічний процес розбирання машини залежить від особливостей її конструкції, габаритних розмірів і маси, а також від трудомісткості операцій.

Розбіральні роботи становлять 11–13% від загальної трудомісткості ремонту машини.

Розбирання машини на агрегати, вузли і деталі проводиться в чіткій послідовності, яка передбачається технологічним процесом із застосуванням потрібного устаткування, пристосувань і інструменту. До комплексу технологічних документів на розбирання зазвичай включають такі документи: титульний аркуш, відомість технологічних документів, відомість устаткування, відомість оснащення, карту ескізів і маршрутну карту.

Роботи з укладання технологічного процесу розбирання включають:

- вибір методу раціональної організації розбирання;
- розподіл виробу на складанні одиниці і технологічні складові частини; визначення змісту розбірних операцій;
- установлення раціональної їх послідовності;
- визначення режимів розбирання, норм часу на виконання розбірних операцій;
- розробку завдання на конструювання потрібного інструмента, пристосувань і устаткування;
- розробку технічних умов на розбирання виробів, вузлів і споряджень;
- розробку раціональних способів транспортування машин і вузлів на розбирання і деталей складників у процесі розбирання;
- розробку технологічного планування розбірного підрозділу ремонтної майстерні і раціональних планувань робочих місць;
- розробку і оформлення технологічної документації.

Порядок розробки технологічного процесу розбирання такий:

- вивчення конструкції виробу, що розбирається;
- складання схеми розбирання, що визначає послідовність зняття деталей і складаних одиниць;
- складання плану розбирання, що визначає послідовність операцій розбирання і переходів;
- визначення норм часу і темпу розбирання;
- вибір устаткування, пристосувань та інструмента;
- оформлення технологічної документації;

Загальну схему розбирання колісного трактора наведено на рис. 2.3.

Розбирання машин і їх агрегатів проводять за такими основними правилами:

- спочатку знімають захисні частини, а потім ті, що легко пошкоджуються і (електроустаткування, паливо – і маслопроводи, шланги, крила тощо), потім самостійні складанні одиниці (радіатори, кабіну, двигун, редуктори), які очищають і розбирають на деталі;

- агрегати (гідросистеми, електроустаткування, паливної апаратури, пневмосистеми тощо) після зняття з трактора направляють на спеціалізовані ділянки або робочі місця для визначення технічного стану і за необхідності ремонту;

- в процесі розбирання не рекомендується розкомплектовувати взаємоз'язані пари, які на заводі-виготовлювачі обробляють у зборі або балансують (кришки корінних вальниць з блоками циліндрів, накривки шатунів з шатунами, картер зчеплення з блоком циліндрів, колінчастий вал з маховиком двигуна), а також конічні шестерні головного передавача, розподільні шестерні, шестерні масляних насосів тощо. Деталі, що не підлягають знеособленню маркують, зв'язують, знов сполучають болтами, укладають в окремі козирини або зберігають їх комплектність іншими способами;

- у процесі розбирання слід використовувати стенди, знімачі, пристосування і інструменти, які дозволяють центрувати деталі, що знімаються, і рівномірно розподіляти зусилля за периметром. Під час випресовування вальниць, сальників, втулок застосовують наставки з м'якими наконечниками (мідними, із сплавів алюмінію). Якщо випресовують вальницю з маточини або стакана, то зусилля прикладають до зовнішнього кільця, а у разі зняття з вала – до внутрішнього. При цьому забороняється користуватися ударними інструментами;

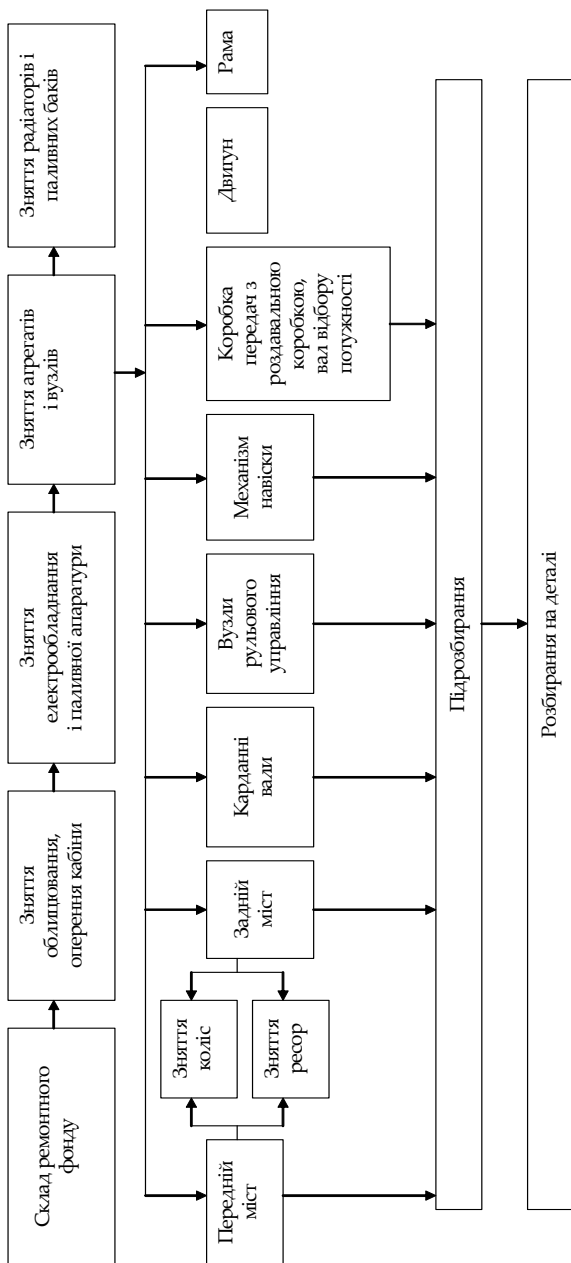


Рис. 2.3. Схема розбирання колісного трактора типу Т-150К

}

- кріпильні деталі (гайки, болти, шпильки) під час розбирання машини укладають в сітчасту тару для кращого очищення в мийних установках або встановлюють на свої місця. Забороняється розкомплектовувати деталі з нарізами підвищеної точності (болти і гайки кріплення накривок шатунів, маховика до колінчастого вала). Під час розбирання, особливо для чавунних деталей (для уникнення появи тріщин від перекосів), спочатку відпускають всі болти і гайки на півоберту, а потім від'єднують їх;

- відкриті порожнини і отвори для масла і палива в гідроагрегатах і паливній апаратурі після зняття з трактора закривають накривками або пробками;

- якщо маркування перед розбиранням погано помітні, їх слід відновити;

- під час виконання розбірних робіт слід знати способи і особливості їх виконання;

- для піднімання і транспортування деталей і агрегатів масою понад 20 кг використовують піднімально-транспортні засоби і застатні пристосування.

Найбільш характерними з операцій під час розбирання є: вивертання гвинтів, шпильок, болтів і відкручування гайок, видалення зламаних болтів або шпильок, зняття вальниць кочення, втулок, шківів, пальців і штифтів.

Організація розбірних робіт має великий вплив на якісні показники всього ремонтного виробництва.

Передова організація виробничого процесу розбирання характеризується ритмічною роботою окремих постів, найбільш коротким шляхом руху об'єкта ремонту, максимальним виходом придатних, неушкоджених деталей за найменших витрат.

За принципом організації розбирання може бути стаціонарним і рухомим (потокотим).

Стаціонарна форма організації розбирання застосовується за одиничного виробництва, зазвичай у невеликих майстернях. У цьому випадку розбирання машини і агрегатів на складники і деталі проводиться на одному робочому посту, зняті з машини агрегати і вузли розбираються на стаціонарних стендах.

За потокового способу устаткування і робочі пости розміщують послідовно один за одним за порядком виконання операцій технологічного процесу, який проводиться на декількох постах. До того ж послідовність і обсяг операцій, а також кількість робітників на постах таке, що за певний проміжок часу, рівний такту потокової лінії, розбирається один виріб.

Потоковий спосіб розбирання машин на агрегати здійснюється за допомогою вантажоносійних і ланцюгоносійних конвеєрів

(рис. 2.4). Розбирання агрегатів на вузли і деталі проводять на стендах, естакадах або конвеєрах (рис. 2.5).

Потокова форма організації розбірного процесу найчастіше використовується на великих спеціалізованих ремонтних підприємствах.

Вживані для розбирання машин і агрегатів стенди за кількістю встановлюваних агрегатів можуть бути однопредметні і багатопредметні, а за призначенням – універсальні і спеціалізовані (рис. 2.6). Універсальні стенди призначені для встановлення однотипних агрегатів різних моделей ремонтуваних машин або різних агрегатів однієї моделі машин. Багатомісні стенди за характером проведення робіт поділяють на два типи: обслуговувані одним робітником і обслуговувані декількома робітниками.

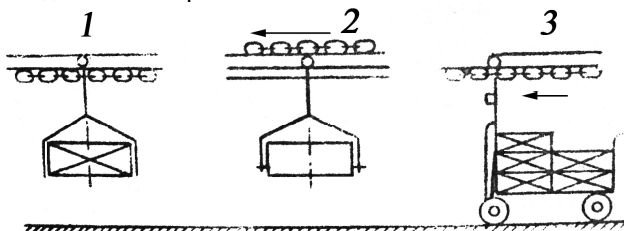


Рис.2.4. Підвісні конвеєри:

1 –вантажоносіїні; 2 – вантажоштовхальні; 3 – вантажотягнучі

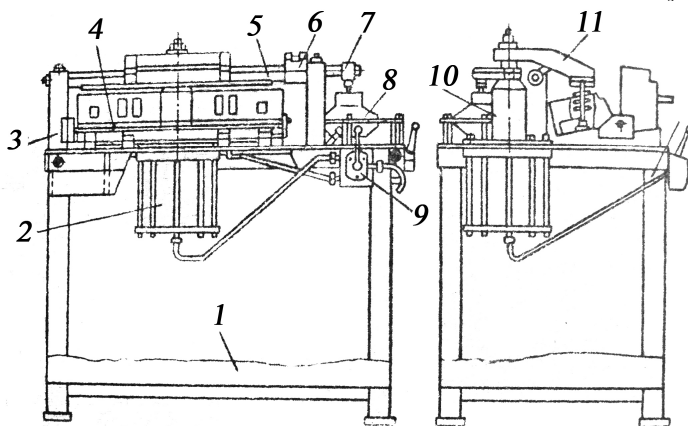


Рис. 2.5. Стенд для розбирання і складання голівок циліндрів:

1 – стіл; 2 – пневмоциліндр; 3,12 – стояки; 4 – підставка; 5 – вісь; 6 – невеликий важіль; 7 – важіль; 8 – пневмокамера; 9 – кран керування; 10 – втулка; 11 – важіль з планкою

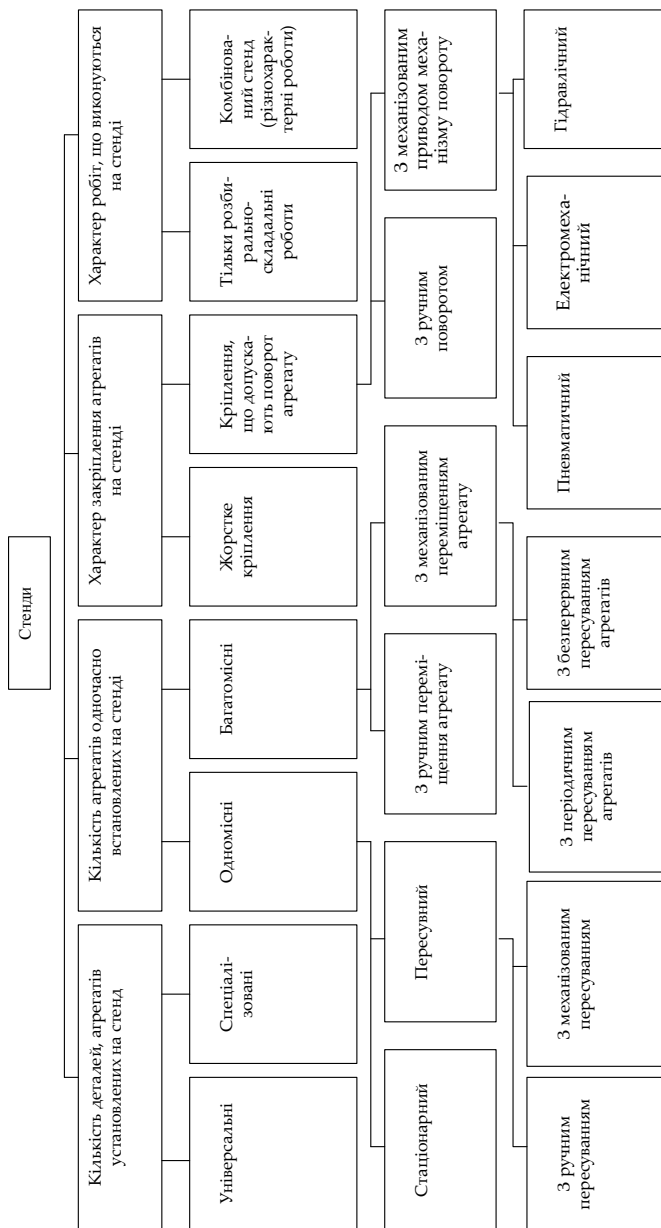


Рис. 2.6. Класифікація стендів

Комбіновані стенди є найбільш раціональними, оскільки невід'ємними елементами їх є гайковерти, електромеханічні головки, знімачі, преси тощо.

У процесі розбиральних (складальних) робіт застосовують піднімальне і піднімально-транспортне обладнання.

До піднімального обладнання відносять ручні талі вантажністю 0,2–2,0 т і висотою піднімання до 3 м; електричні талі (0,25–5,0 т) висотою підйомачі до 18 м; лебідки (1–10 т); механічні і гідравлічні підйомачі; вантажозахоплювальні пристрої (схватки, ланцюги, троси).

Піднімально-транспортне обладнання — це однорейкові шляхи (монорейки) для переміщення деталей, які кріпляться до елементів будівельних конструкцій (колони, балки, ферми); консольні поворотні крани; підвісні кран-балки вантажністю 1–5 т; мостові крани (5–20 т і більше).

До транспортних засобів належать ручні і причіпні візки, електротрактори (до 2 т), пересувні стенди, конвеєри (пластинчасті, роликові, підвісні).

Операції розбирання машин, що їх ремонтують, за своєю структурою є досить розгалуженими і багатопозиційними. Виконання їх значно спрощується за наявності технологічних схем, де вказують порядок монтажу деталей, складаних одиниць, вузлів і агрегатів машини.

Розбирання складаних одиниць має здійснюватися в певній послідовності, залежній від її конструкції. Для цього на початку раціонально розробляти схему розбирання.

Ця схема розбирання складаної одиниці є вихідною інформацією для опису технологічного процесу розбирання, а також може бути використана як самостійний технологічний документ на робочому місці в ремонтній майстерні, а з врахуванням трудомісткості виконання робіт дає можливість обґрунтовано визначити потрібні робочі місця для здійснення розбірних операцій на цьому підприємстві, оскільки на схемі відбито можливість виконання як послідовних, так і паралельних робіт.

Процес розбирання зображено на схемі рис. 2.7, прямою (вертикальною або горизонтальною) лінією, до якої у відповідних місцях примикають прямокутники, що позначають складові частини виробу (складанні одиниці і деталі). Для більшої наочності прямокутник, що схематично зображає складану одиницю, виконується двома паралельними лініями.

На схемі розбирання прямокутники, що зображують складанні одиниці, що знімаються, розташовуються зліва за ходом лінії розбирання, а окремі деталі – праворуч. На схемі збірки навпаки: прямокутники, що зображають встановлювані складанні одиниці, – праворуч, а окремі деталі – ліворуч.

Початком для схеми розбирання є певний виріб (складання одиниця), кінцем – базова деталь. Початком схеми складання є базова деталь, а кінцем – виріб (складання одиниця).

Кожен прямокутник на схемі розділяється на чотири поля, в яких указують найменування деталі або складанної одиниці, їх позначення, кількість і номер позиції за специфікацією на основному конструкторському кресленку виробу (див. рис. 2.7).

Якщо ця складання одиниця не має позначення за основним конструкторським документом, тобто є лише технологічною складанною одиницею, то її позначення формується таким чином: технологічній складанній одиниці привласнюється позначення тієї складанної одиниці, куди вона входить з додаванням літери Т, якщо така складання одиниця одна, і літери Т з цифрою (Т1, Т2 і так далі), якщо таких складаних одиниць декілька. Вузол у технологічній складанній одиниці позначають дробом: Т1/Т1, Т2/Т1, Т2/Т2 і так далі.

Схема розбирання супроводжується ескізом складанної одиниці та її специфікацією (рис. 2.8). Всі складові частини складаної одиниці нумеруються на ескізі відповідно до номерів позицій, вказаних у специфікації. Нумери позицій проставляють на схемі в лівих верхніх квадратах прямокутників (див. рис. 2.7).

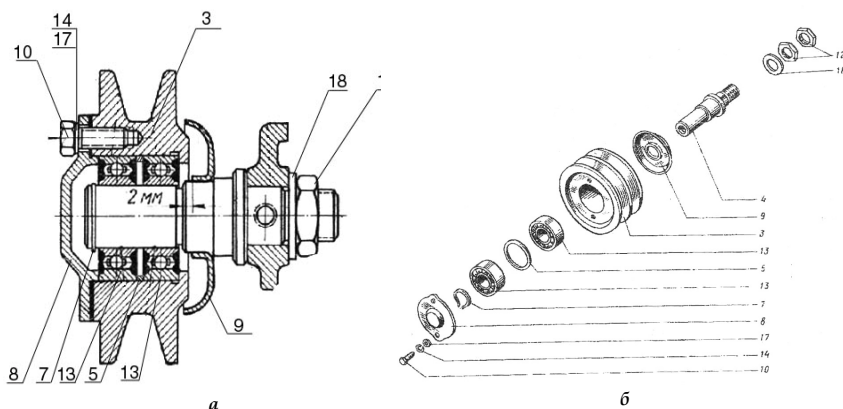


Рис. 2.8. Ескіз складаної одиниці:

а – ескіз у вигляді складального кресленка; *б* – ескіз у вигляді тривимірного зображення складових частин складаної одиниці

Під час складання схеми розбирання враховують чинники ремонтної технологічності конструкції машини, такі як доступність і легкознімання відповідних елементів. З огляду на це розбирання

починають з тих деталей і агрегатів, які можуть перешкоджати зняттю інших складаних одиниць або деталей.

Основну частину трудомісткості розбірних робіт під час ремонту машин займає **розбирання складаних одиниць, деталі яких сполучені з натягом**, що відповідають гарячим і пресовим посадкам. Дійсні зусилля, що мають місце під час розпресування таких сполучень, часто значно перевершують теоретичні, особливо якщо ці сполучення знаходилися в умовах корозії.

Основною ознакою за класифікації з'єднань з натягом (пресових з'єднань) є форма деталі, що охоплює, додатковими – міра доступності для засобів розбирання і збирання, фізичні властивості матеріалів, з яких виготовлені деталі з'єднання, тип поверхонь, що сполучаються (циліндричні, конічні, еліптичні); наявність мастила на поверхні контакту. Всього виділяють три класи з'єднань, в яких охоплювальна деталь є тілом обертання, некруглим стрижнем (важіль, шатун) або корпусом.

Розібрати складану одиницю, деталі якої сполучені з натягом, можна різними способами, які за принципом дії на посадочні поверхні зв'язаних деталей можна розділити на механічний, гідравлічний, термічний і комбінований.

Під час *розбирання з'єднань механічним способом* охоплювана деталь під впливом сил випресовування, що прикладаються до неї, випресовується з охоплю вальної, тобто здійснюється зворотна операція запресовування – розпресовування. Зусилля випресовування на 10–25% більше зусилля запресовування. Основним устаткуванням для розбирання з'єднань з натягом є знімачі, преси, стенди і пристосування. Для зниження потрібних зусиль випресовування інколи застосовують додаткові вібраційні дії.

Залежно від способу розбирання з'єднань з натягом вживане технологічне устаткування має різні головні параметри, які є функцією від натягу.

Під час використання механічного способу розбирання з'єднань з натягом головним параметром є зусилля, що розвивається пресом або знімачем – зусилля випресовування, яке визначають з виразу:

$$P_{\text{вип}} = \frac{\pi \cdot l \cdot \delta \cdot f_{\text{вип}}}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (2.1)$$

де $f_{\text{вип}}$ – коефіцієнт тертя в з'єднанні з натягом під час випресовування;

δ – розрахунковий натяг.

Величину натягу визначають у процесі конструювання машини, виходячи із заданих зовнішніх навантажень, прийнятих розмірів і вибраного матеріалу.

Розрахунковий натяг визначають за формулою:

$$\delta = p \cdot d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right), \quad (2.2)$$

де p – контактний тиск;

d – діаметр посадочної поверхні;

C_1 і C_2 – коефіцієнти Ляме;

E_1 і E_2 – модулі пружності матеріалів деталей, відповідно охоплюваної і охоплювальної.

Контактний тиск визначається за зовнішніми навантаженнями:

$$p = \frac{K}{p \cdot d \cdot l \cdot f} \sqrt{P_{oc}^2 + \left(\frac{2M_{кр}}{d} \right)^2} \quad (2.3)$$

де K – коефіцієнт запасу ($K=1,5-2,5$);

f – коефіцієнт тертя між деталями, що сполучаються;

P_{oc} – найбільша осьова сила, яку має витримати вузол;

$M_{кр}$ – максимальний крутний момент;

l – довжина з'єднання.

Значення C_1 і C_2 обчислюють за формулами:

$$C_1 = \frac{1 + \chi_1^2}{1 - \chi_1^2} - \mu_1; \quad C_2 = \frac{1 + \chi_2^2}{1 - \chi_2^2} + \mu_2, \quad (2.4)$$

де, $\chi_1 = \frac{d_1}{d}$, $\chi_2 = \frac{d}{d_2}$ – коефіцієнти тонкостінності деталей (d_1 – внутрішній діаметр охоплюваної деталі; d_2 – зовнішній діаметр деталі, що охоплює); μ_1 і μ_2 – коефіцієнти Пуассона для охоплюваної і охоплювальної деталей.

Якщо охоплювана деталь виконана у вигляді суцільного вала, то $\chi_1 = 0$, а $C_1 = 1 - \mu_1$. Значення коефіцієнта тертя $f_{ам}$ в з'єднанні з натягом під час випресовування представлені в табл. 2.1. Значення коефіцієнтів C_1 і C_2 наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.1

**Значення коефіцієнта тертя залежно від способу збирання
і матеріалу з'єднання**

Матеріали деталей з'єднання	Спосіб збирання	$f_{\text{вин}}$
Сталь – сталь	пресування з мастилом	0,15
	пресування без мастила	0,15
	з охолодженням	0,33
	з нагрівом насухо	0,29
	з нагрівом у маслі	0,24
	гідропресування	0,21
Сталь – сталь цинкування	пресування	0,53
	охолодження	0,69
	з нагрівом	0,43
	гідропресування	0,47
Сталь – чавун	пресування з мастилом	0,15
	пресування без мастила	0,13
	з нагрівом насухо	0,15
Сталь – латунь	пресування з мастилом	0,18
	з нагрівом	0,33
Сталь – бронза	пресування	0,11
	з нагрівом насухо	0,23
	з охолодженням	0,28
Чавун – бронза	пресування без мастила	0,09
Сталь – магнієво- алюмінієвий сплав	пресування без мастила	0,06
	з нагрівом насухо	0,125

Для визначення зусилля випресовування кілець вальниць застосовують формулу:

$$P_{\text{вин}} = \frac{d}{d + 30} \cdot \frac{f E \pi B N_p}{2 K_n}, \quad (2.5)$$

де $P_{\text{вин}}$ — зусилля випресовування кілець вальниць, Н;
 d — номінальний діаметр отвору вальниці, мм;
 f — коефіцієнт тертя в спряженні (0,10—0,25);
 E — модуль пружності матеріалу вальниці ($2,2 \cdot 10^5$ МПа);
 B — ширина опорного кільця вальниці, мм;
 N_p — розрахунковий натяг, мм;
 K_n — коефіцієнт, який характеризує серію вальниці (2,78 — для вальниць легкої серії, 2,27 — для середньої, 1,96 — для важкої серії).

Таблиця 2.2

**Значення коефіцієнтів Ляме залежно від коефіцієнтів
тонкостінності деталей**

d ₁ /d або d/d ₂	C ₁			C ₂		
	сталь	бронза	чавун	сталь	бронза	чавун
0	0,70	0,67	0,75	-	-	-
0,1	0,72	0,69	0,77	1,32	1,35	1,27
0,2	0,78	0,75	0,83	1,38	1,41	1,38
0,3	0,89	0,86	0,94	1,49	1,52	1,44
0,4	1,08	1,05	1,13	1,68	1,71	1,63
0,5	1,37	1,34	1,42	1,97	2,00	1,92
0,6	1,83	1,80	1,88	2,43	2,46	2,38
0,7	2,62	2,59	2,67	3,22	3,25	3,17
0,8	4,25	4,22	4,30	4,85	4,88	4,80
0,9	9,23	9,20	9,28	9,83	9,86	9,78

Для визначення зусилля випресовування шківів, шестерень і втулок можна скористатися наближеними співвідношеннями для розрахунку зусиль запресовування з таким додатковим коригуванням:

для сталених маточини і вала:

$$P_3 = 20N_6l \quad (2.6)$$

для чавунної маточини і сталевго вала:

$$P_3 = 20N_6l \quad (2.7)$$

де P_3 — зусилля запресовування, Н; N_6 — найбільший натяг, мкм; l — довжина маточини, мм.

Зусилля випресовування приймають 1,20–1,30 P_3 .

Розбирання з'єднань з натягом гідравлічним способом (гідророзпором) проводиться шляхом нагнітання оливи під високим тиском у зону сполучення. Тиск оливи має перевершувати величину середнього контактного тиску на поверхнях, що сполучаються. При цьому відбувається пружне збільшення діаметра отвору деталі, що охоплює, і зменшення діаметра охоплюваної деталі. Як результат між деталями утворюється плівка оливи, яка у багато разів знижує коефіцієнт тертя і спрощує процеси розбирання. Подача оливи в з'єднання здійснюється за заздалегідь підготовленою під час виго-

товлення деталей системою отворів і виточок або з боку вільного торця. Для цього використовують спеціальні установки, що забезпечують диференційовану автоматичну подачу оливи під високим тиском (рис. 2.9).

Виточки розташовують на відстані 0,3-0,5 довжин сполучення від торця, для вузлів з втулками постійної жорсткості.

Для забезпечення мінімальних зусиль під час розбирання з'єднань з натягом застосовують схему радіального підведення оливи через тіло втулки з використанням фальшвала (рис.2.10).

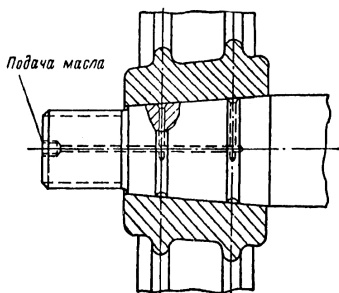


Рис. 2.9. Торцева схема створення шару оливи

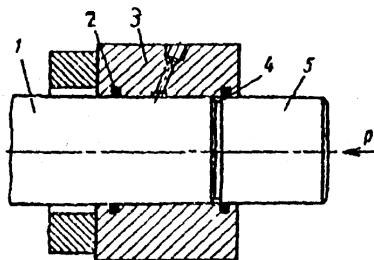


Рис. 2.10. Радіальна схема створення шару оливи

При цьому діаметр фальшвала 5 менше діаметра вала сполучення 1 на величину $\delta + 0,15$ мм, де δ – натяг.

Між торцями валів 1 і 5 є ущільнення 4. У тілі втулки 3 розташовані манжети, які заздалегідь встановлюються у відповідні пази під час збирання сполучення. Після нагнітання оливи через спеціальний канал у втулці на контактну поверхню розбирання з'єднання проводиться за невеликих зусиль.

При цьому тиск в зоні контакту поверхонь змінюється в межах 90-125 МПа.

У разі використання гідравлічного способу розбирання з'єднань з натягом головним параметром технологічного устаткування є тиск гідророзпору, який має бути більше розрахункового контактного тиску в сполученні.

Для випадку пружних деформацій у з'єднаннях типу вал – втулка на підставі теорії найбільшої дотичної напружки допустимий контактний тиск на посадкових поверхнях визначають за формулами:

$$p_1 = 0,58\sigma_{T1} \left[1 - \left(\frac{d_1}{d} \right)^2 \right], \quad (2.8)$$

$$p_2 = 0,58\sigma_{T2} \left[1 - \left(\frac{d}{d_2} \right)^2 \right], \quad (2.9)$$

де p_1 і p_2 – контактний тиск, що допускається, для вала і для втулки; σ_{T1} і σ_{T2} – відповідні межі плинності матеріалів;

d – номінальний діаметр посадочної поверхні;

d_1 – внутрішній діаметр вала;

d_2 – зовнішній діаметр втулки.

Допустимий натяг в з'єднанні δ_{don} визначається за формулою розрахункового натягу в спряженні, у якій замість контактної тиску p підставляється мінімальний контактний тиск на посадкових поверхнях p_1 або p_2 . Зазвичай міцність втулки менше міцності вала, тому $p_{don} = p_2$.

Практично майже завжди $\delta_{don} > \delta$. У зв'язку з цим можна прийняти, що тиск гідророзпору $p_r = p_{don}$. За цієї умови виникнення монтажного зазору в з'єднанні гарантоване.

Дослідженнями встановлено, що багато з'єднань з натягом можуть задовільно працювати і за пружно-пластичного стану сполучних деталей. Це дозволяє збільшити натяг у з'єднанні до $\delta_{np} > \delta_{don}$, якому відповідає контактний тиск.

Отже, оптимальне значення тиску розпору повинне знаходитися в таких межах:

$$0,58\sigma_{T2} \left[1 - \left(\frac{d}{d_2} \right)^2 \right] \leq p_r \leq \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_{T2} \cdot \ln \frac{d_2}{d}, \quad (2.10)$$

У випадках коли під час розбирання з'єднань з натягом допускається виникнення в спряженні пластичних деформацій, максимальний можливий контактний тиск $p_{np\max} = \sigma_{T2}$.

Тоді діапазон зміни тиску розпору має знаходитися в таких межах:

$$0,58\sigma_{T2} \left[1 - \left(\frac{d}{d_2} \right)^2 \right] \leq p_r \leq \sigma_{T2}, \quad (2.11)$$

Гідравлічний спосіб особливо ефективний під час розбирання важких машин, де потрібна установка з натягом крупних вальниць кочення, шківів, зубчастих коліс, муфт і тому подібне.

За термічного способу розбирання з'єднань з натягом здійснюється за наявності термічного зазору Δ_T , що утворюється під час нагрівання або охолодження з'єднаних деталей. З'єднання, зібрані в такий спосіб, часто називають поперечно-пресовими.

Термічний спосіб може виконуватися декількома методами – факельним нагрівом; індукційно-тепловим нагрівом; вживанням термопластичної деформації; глибоким охолодженням.

Факельний нагрів застосовується під час розбирання з'єднань з тонкостінними охоплювальними деталями. Для цього використовуються газові пальники, до того ж матеріал охоплювальної деталі має бути значно більший, ніж матеріал охоплюваної деталі, коефіцієнт лінійного розширення. Проте загалом цей метод непродуктивний, призводить до викривлення деталей, місцевого перепаду і відпуску загартованих поверхонь.

Індукційно-тепловий метод є найбільш універсальним і продуктивним. Індукційний нагрів деталей виготовлених з феромагнітного матеріалу здійснюється шляхом індукції в них вихрових струмів. Індукуючим дротом є соленоїд, що працює на струмах промислової частоти. Для посилення теплового ефекту створюється система магнітопроводів, яка замикається на деталь.

Метод термопластичної деформації використовується під час розбирання з'єднань з натягом, які мають охоплювальні тонкостінні деталі з близькими значеннями коефіцієнтів лінійного розширення матеріалів деталей. Його суть полягає в тому, що з'єднання (складанню одиницю) нагрівають факелом або в печах до певної температури, а потім швидко охолоджують. Оскільки охоплювальна деталь остигає швидше охоплюваної, у з'єднанні утворюється додатковий температурний натяг і відбувається пластична деформація поверхонь сполучення. Як результат складання одиниця втрачає міцність і після вирівнювання температур відбувається мимовільне її розформування. Цей метод найбільш ефективний в одиничному і дрібносерійному виробництві за тонкостінності охоплювальної деталі $d/d_2 < 0,5$ (d – діаметр посадкової поверхні; d_2 – зовнішній діаметр деталі, що охоплює).

Під час розбирання з'єднань з натягом методом глибокого охолодження рідким азотом заповнюють внутрішню порожнину охоплюваної деталі, це дозволяє створити монтажний термічний зазор між охоплювальною деталлю і охоплюваною. Якнайкращі результати метод дає за малого натягу в з'єднанні.

Під час використання термічних методів розбирання з'єднань з натягом головним параметром технологічного устаткування є температура нагріву або охолодження з'єднаних деталей.

Унаслідок розширення отвору охоплювальної деталі під час нагрівання або зменшення діаметра охоплюваної деталі під час охолодження в сполученні утворюється термічний зазор, який дозволяє забезпечити якісне виконання процесу розпресовування з'єднання з натягом (без пошкодження і заклинювання деталей) за мінімальних витрат енергії.

На практиці величину Δ_T (у мм) приймають для циліндричних з'єднань рівною $0,01\sqrt{d}$ (d – посадковий діаметр, мм), для конічних – $0,005\sqrt{d}$ (d – середній діаметр конічної поверхні, мм). Інколи під час розрахунків задають $\Delta_T = \delta/2$.

Термічний зазор Δ_T і розрахунковий натяг δ впливають на потрібну величину температури T_d деталі, що піддається термовпливу:

$$T_d = \frac{\delta + \Delta_T}{\alpha \cdot d} \pm T_0, \quad (2.12)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення або стиснення матеріалу деталі;

T_0 – температура довкілля.

Знак (+) приймається під час нагрівання деталі, знак (-) – під час охолодження.

Максимальний нагрів з'єднаних деталей становить 200–400 °С. Допустимий нагрів вальниць кочення за теплового монтажу вузлів вальниць не має перевищувати 100 °С, оскільки подальше підвищення температури їх нагрівання може привести до зміни структури і фізико-механічних властивостей сталі, порушенню стабільності геометричних розмірів, погіршенню експлуатаційних властивостей.

Межа можливого вживання охолодження деталей також досить обмежена, це пов'язано з відсутністю вживаних в промисловості хладоносіїв, що охолоджують деталь нижче -195,8 °С (-77 °К).

Найменша температура нагрівання, що забезпечує розбирання з'єднань з натягом методом термопластичної деформації, для деталей з однакового матеріалу визначається за формулою:

$$T_H = T_x + 1,16 \frac{\sigma_H}{\alpha \cdot E \cdot q}, \quad (2.13)$$

де T_x – температура хладоносія (води);

σ_H і α – відповідно межа плинності і коефіцієнт лінійного розширення матеріалу деталей;

E – модуль Юнга.

Значення безрозмірного коефіцієнта $1/q$ для сталі за тонкощинності втулки χ_2 визначають за табл. 2.3.

У багатьох випадках для розбирання і збирання з'єднань з натягом використовують комбіновані способи. Найчастіше механічний поєднують з термічним або гідравлічним.

Таблиця 2.3

**Залежність коефіцієнта тонкостінності втулки від
безрозмірного коефіцієнта $\frac{1}{q}$**

Значення χ_2	0,1	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Значення $1/q$	7,37	4,57	3,53	3,0	2,6	2,32	2,11	1,73

Основним устаткуванням для здійснення механічного способу розбирання є знімачі, преси, стенди і пристосування.

На розбирання нарізних з'єднань сучасних машин витрачається велика кількість ручної праці.

Трудомісткість розбирання під час ремонту становить 60-65% від спільної трудомісткості розбірно-складальних робіт, причому нарізні з'єднання є найпоширенішими з'єднаннями в конструкціях машин і становлять 15-20% загальної кількості з'єднань.

З практики ремонту відомо, що під час відкручування нарізних з'єднань, що були в експлуатації, потрібно прикладати більший крутний момент, ніж під час закручування, що знижує ефективність використання механізованого інструмента, збільшує трудомісткість ремонту і призводить до псування деталей під час розбирання.

Основним завданням розбирання нарізних з'єднань є роз'єднання скріплених деталей, що забезпечує збереження придатності деталей складаної одиниці, що розбирається і самого з'єднання. Структурна схема розбирання представлена на рис. 2.11.

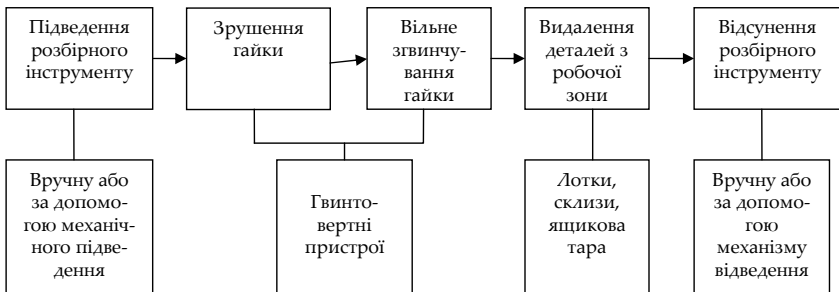


Рис.2.11. Структурна схема розбирання нарізних з'єднань

Порівнюючи процеси розбирання і збирання нарізних з'єднань, а також умови їх виконання можна зазначити таке:

- процес розбирання простіше і виконується з меншою кількістю переходів;

- процес збирання здійснюється із застосуванням ширшої номенклатури засобів оснащення;

- засоби механізації і автоматизації, які застосовуються під час складання, значно складніші;

- наявність переходів – з орієнтації, напрямку нагвинчування деталі, затиювання із заданим крутним моментом і контролю зусилля затиювання під час складання – істотно знижує надійність устаткування, що використовується, в свою чергу, це ускладнює автоматизацію процесу. При розбиранні ці труднощі відсутні;

- у гвинтовертних машинах, які використовуються під час розбирання, немає необхідності мати пристрій, регулюючий значення крутного моменту;

- під час складання значення моменту затиювання, відоме і задається, а під час відкручування момент не відомий і часто перевищує момент затиювання;

- крутний момент вільного відгвинчування, перевищує крутний момент вільного нагвинчування нових різьбових з'єднань;

- під час затиювання групових з'єднань у багатошпindelних гайковертів забезпечується незалежне обертання шпindelів.

Зазначені особливості розбирання нарізних з'єднань слід враховувати під час механізації і автоматизації розбирання. Основна вимога, що ставиться домеханізованого інструмента під час розбирання, – це забезпечення необхідного крутного моменту. Тому головним вихідним параметром під час розробки інструмента є значення крутного моменту, потрібного для відкручування нарізного з'єднання впродовж всього процесу.

Виражаючи процес відкручування залежністю крутного моменту від кута повороту гайки і проаналізувавши діаграми процесу (рис. 2.12), можна встановити три етапи характерних своєю закінченістю і визначеністю: зрушення (I етап), ослаблення (II етап) і вільне відгвинчування (III етап).

Ці етапи характеризуються такими основними параметрами:

- зрушення – крутним моментом зрушення (M_z), від величини якого залежить вибір гайковерта під час розбирання нарізних з'єднань;

- ослаблення – кут ослаблення під час відкручування (ξ) і крутним моментом, у будь-якій точці етапу (M_i);

- вільне відкручування – крутним моментом вільного відкручування ($M_{вв}$).

При цьому слід зазначити, що на момент зрушення впливають: попередній момент затиювання (з врахуванням ослаблення в процесі роботи), площа контактних поверхонь, умови експлуатації, питомий тиск на контактних поверхнях і сили зчеплення скрі-

плювального матеріалу, що утворився в процесі експлуатації (корозія, схоплювання, дифузія, неметалеві домішки).

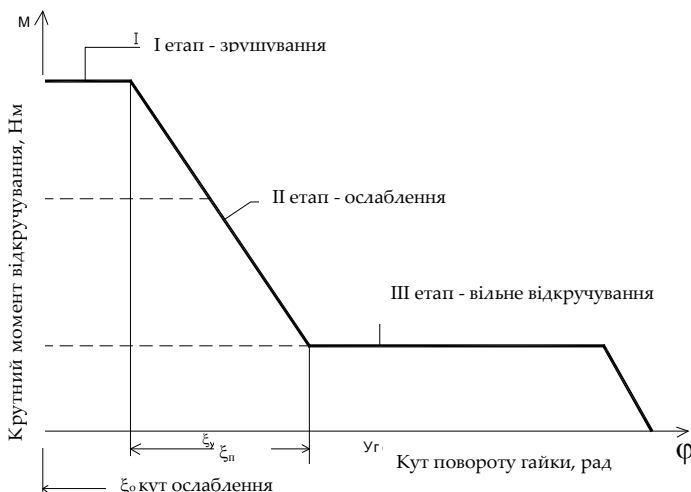


Рис 2.12. Діаграма процесу відкручування гайки нарізного з'єднання

Дослідженнями встановлено, що в процесі експлуатації нарізного з'єднання проходить зростання силової взаємодії (рис. 2.13), водночас захисні покриття деталей нарізного з'єднання, наприклад кадміювання, уповільнюють темпи зростання силової взаємодії вдвічі. Крім того, (див. рис. 2.13) вплив крутного моменту затягування, на темпи зростання силової взаємодії незначний, і виявляється на початковому періоді експлуатації, що відображається зміною кривизни лінії близько від початку координат.

Вивчення мікрошліфів нарізних з'єднань на різних стадіях експлуатації дозволило встановити, що під дією зусиль наприкінці затягування, відбувається зім'яття і зрушення граничних шарів металу контактних поверхонь деталей в різі і на торці гайки, а під дією доквілля між контактними поверхнями поступово утворюється шар матеріалу, що складається з продуктів зносу, забруднень і корозії, що заповнює зазори нарізного з'єднання (рис.2.14).

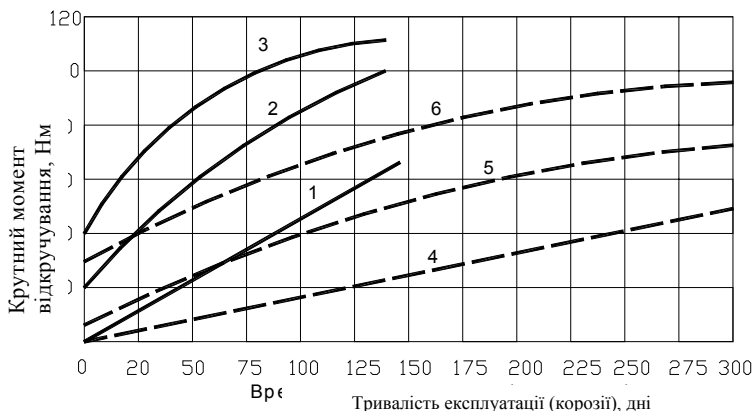


Рис. 2.13. Залежність крутного моменту зрушення від часу експлуатації нарізного з'єднання:

1, 2 і 3 – з деталями без покриття, що затягнуті моментами, відповідно 10 Нм, 20 Нм, 40 Нм; 4, 5, і 6 – з кадмійованими деталями, що затягнуті відповідно з цими самими зусиллями

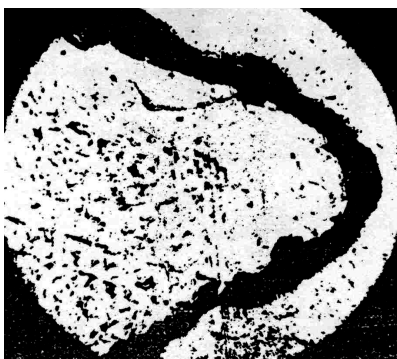


Рис. 2.14. Скріплювальний матеріал, що утворився у витках нарізки в процесі експлуатації (кріплення стрем'янки ресор, х 70)

Крутний момент у разі зрушення можна представити виразом:

$$M_{зр} = M_z K_1 + M_{оп} + M_{ом} \quad (2.14)$$

де M_z – крутний момент попереднього затягування;

K_1 – коефіцієнт, що враховує ослаблення попереднього затягування;

$M_{оп}$ і $M_{ом}$ – додаткові крутні моменти, що витрачаються на руйнування шару матеріалу, який скріплює деталі нарізного з'єднання, у нарізі і на торці гайки.

Розглядаючи відкручування, як руйнування скріплювального шару матеріалу між контактними поверхнями деталей нарізного з'єднання і з'єднувальними деталями, можна визначити зусилля, необхідне для його руйнування на елементарній площі, як добуток її площі на зрушувальне зусилля, а крутний момент – як добуток зусилля на відстань від площадки до осі нарізного з'єднання. Інтегруючи ці моменти

за контактними поверхнями нарізного з'єднання, отримали рівняння, що визначає крутний момент зрушення. З врахуванням конкретних різьбових з'єднань крутний момент зрушення можна визначити за формулою:

$$M_3 = \frac{\tau_3}{16} \left[\pi(D_0^2 - d_0^2) \cdot (D_0 + d_0) + 5Hd_{cp} \sqrt{p^2 + (\pi \cdot d_{cp})^2} \right], \quad (2.15)$$

де τ_3 – коефіцієнт силової взаємодії зрушення під час відкручування деталей нарізного з'єднання ;

D_0 – зовнішній діаметр торця гайки, мм;

d_0 – діаметр отвору під гвинт в з'єднаних деталях, мм;

H – висота гайки, мм;

d_{cp} – середній діаметр нарізі, мм;

p – крок нарізі, мм.

Вираз $\frac{1}{16} \left[\pi(D_0^2 - d_0^2) \cdot (D_0 + d_0) + 5Hd_{cp} \sqrt{p^2 + (\pi \cdot d_{cp})^2} \right]$ позначили через N і назвали геометричним параметром нарізного з'єднання (одиниця виміру мм³).

Геометричний параметр складається з двох складових:

$$N = N_m + N_p, \text{ мм}^3 \quad (2.16)$$

де N_m – геометричний параметр торцевої поверхні нарізного з'єднання, мм³;

N_p – геометричний параметр нарізної поверхні нарізного з'єднання, мм³.

Таким чином вираз 2.15 для визначення моменту зрушення нарізного з'єднання набрало вигляду:

$$M_3 = \tau_3 \cdot N, H \cdot \text{м}, \quad (2.17)$$

Крутний момент вільного відкручування визначається аналогічно крутному моменту зрушення, з виразу:

$$M_x = \tau_x \cdot N_p, H \cdot \text{м} \quad (2.18)$$

де τ_x – коефіцієнт силової взаємодії вільного відкручування, $H / \text{мм}^2$;

Запропонована формула справедлива для нарізних з'єднань, в яких гвинт виступає над гайкою на 1,5–2 кроки нарізки, оскільки за вільного відкручування гайки нарізного з'єднання з надмірно виступаючою нарізкою в нарізці виникає явище «заклинювання», що призводить до збільшення крутного моменту.

Кут ослаблення ζ охоплює два етапи: зрушування та ослаблення (див. рис. 2.12), тому він складається з двох складових:

$$\zeta_o = \zeta_c + \zeta_{II}, \text{ рад} \quad (2.19)$$

де ζ_3 – кут ослаблення на етапі зрушування, який залежить від кількості скріплювального шару матеріалу, рад;

ζ_{II} – кут пружного повернення зібраних деталей і гвинта, рад.

Кут пружного повернення визначають з виразу:

$$\zeta_{\Pi} = K_2 \frac{a \cdot 360}{P}, \text{ рад} \quad (2.20)$$

Де K_2 – коефіцієнт, що враховує зменшення пружних деформацій залежно від залишкових деформацій деталей нарізного з'єднання і з'єднаних деталей; $K_2 > 1$ – визначається експериментально;

a – відносне переміщення вздовж осі нарізного з'єднання гайки і гвинта як результат пружних деформацій під час затягування, мм.

$$a = \Delta \varepsilon + \Delta \delta, \text{ мм} \quad (2.21)$$

де $\Delta \varepsilon$ – пружна деформація гвинта, мм;

$\Delta \delta$ – пружна деформація деталей, що з'єднуються, мм.

Враховуючи прямолінійну зворотну залежність крутного моменту, від кута повороту гайки на етапі ослаблення, крутний момент у будь-якій точці цього етапу відкручування можна визначити з виразу:

$$M_i = M_c \frac{M_z - M_x}{\zeta_{\Pi}} \zeta_{yi}, \quad (2.22)$$

де ζ_{yi} – кут повороту гайки, відповідний певному крутному моменту, рад.

На значення крутних моментів під час відкручування великий вплив мають різні умови експлуатації нарізних з'єднань (місце розташування в машині, навантаження, потрапляння вологи, температура і тому подібне), які важко змодельовати і визначити кількісно.

Тому з метою диференційованого підходу під час визначення крутних моментів відкручування, розроблено класифікацію нарізних з'єднань, в якій залежно від умов вони підрозділяються на три групи: легка, середня і важка.

До легкої групи віднесені малонавантажені нарізні з'єднання, розташовані усередині корпусів і знаходяться в масляному середовищі (кріплення накривок, стаканів, фланців і тому подібне).

До середньої групи віднесені нарізні з'єднання, розташовані зовні машини у верхній її частині, закриті кожухами, капотами (кріплення картера, муфти зчеплення, накривки шестерень газорозподілу і тому подібне).

До важкої групи віднесені важконавантажені нарізні з'єднання і розташовані зовні машини в ходовій частині, що працюють в умовах запилення, забруднення і підвищеної корозії (кріплення коліс, півосей, стрем'янок ресор, редукторів і тому подібне).

Таке ділення на групи дозволило визначити коефіцієнти силової взаємодії зрушування (τ_z) і вільного відкручування (τ_x), наведені в табл. 2.4.

**Коефіцієнти силової взаємодії зрушування
і вільного відкручування**

Група експлуатації різьбового з'єднання	Коефіцієнти силової взаємодії	
	Зрушення, Н/ мм ²	Вільного відкручування, Н/ мм ²
Легка	25-35	1,0-2,0
Середня	40-50	3,0-4,0
Важка	60-80	5,0-6,0

Розглянута методика визначення параметрів процесу розбирання нарізних з'єднань, дозволяє скорочувати час на технологічну підготовку виробництва, підвищує точність розрахунків крутних моментів і забезпечує оптимальний вибір гайковертів за економічним критерієм.

Крутні моменти відкручування гайок відповідальних нарізних з'єднань машин, що потрапили в ремонт у діапазоні від М8 до М16, більше моментів затягування і вільного закручування, ніж за збирання нових нарізних з'єднань в 1,5–2,5 рази, за вільного відкручування – в 15–20 разів.

У машинобудуванні прийнято розробляти норми часу на ручні роботи методами хронометражу і фотографії робочого процесу. Ці методи використовують для нормування розбирання і збирання машин під час їх ремонту. Проте в практиці проведення досліджень розбірно-складальних робіт необхідно враховувати низку негативних чинників, які значно знижують достовірність і об'єктивність результатів досліджень. До таких чинників слід віднести брак належного досвіду у робітників під час розбирання (складання) нової машини. Робітник не завжди показує належну інтенсивність роботи. Зустрічаються організаційні і технологічні неполадки, що порушують виробничий ритм і знижують темпи роботи. Як результат, дії цих чинників норми часу, встановлені методом фотографії робочого процесу, як правило, є завищеними.

Найбільшим же недоліком цього методу є тривалі терміни розробки норм.

З метою усунення вказаних недоліків для ремонтного виробництва розроблено метод поелементного нормування. Його суть полягає в тому, що технологічний процес розбирання (складання) розчленовується на елементарні прийоми (розшпінтувати болти, відвернути болти, гайки, шпильки, зняти накривки, прокладки, відокремити валики і так далі). Таких елементарних прийомів налічу-

ється, наприклад, під час розбирання трактора 40, а складання – 45.

Елементарні прийоми технологічного процесу нормують за розробленими таблицями нормативів і за сумою витрат часу на прийоми розраховують норми часу на окремі прийоми і на розбирання (складання) машини.

Слід зазначити, що нормативи часу на прийоми розбирання враховують лише оперативний час і не здатні врахувати неминучі під час роботи технологічні перерви, тобто час на продумування порядку і технології роботи, уповільнення темпу роботи у разі переходу до виконання змінного прийому (операції). Під час збирання поелементні нормативи часу не враховують витрат часу на пригоночні і регульовальні роботи, які залежать від технологічної складності машини.

Технологічна складність машини під час виконання розбірно-складальних операцій є одним з головних нормотворчих чинників. Складність машини (конструктивна і технологічна здебільшого залежить від класу точності деталей і сполучень, від наявності підгінних операцій, точності і кількості регулювань. Кількість деталей і їх маса також впливають на міру складності, але їх вплив урахований під час розробки поелементних нормативів.

Критерієм технологічної складності машини під час ремонту прийнято вважати відношення фактичних витрат часу на збирання до фактичних витрат часу на розбирання, що можна описати формулою:

$$K_C = \frac{T_{зф}}{T_{рф}}, \quad (2.23)$$

де K_C – коефіцієнт технологічної складності під час ремонту;

$T_{зф}$ – фактичні витрати часу на збирання машини, люд.-год.

$T_{рф}$ – фактичні витрати часу на розбирання машини, люд.-год.

Порівняння і аналіз витрат праці на розбирання і збирання машин, показують, що розраховані коефіцієнти складності повнокомплектної машини (агрегату) одного типу відрізняються не значно, в межах 10% (див. табл. 2.5). Проте в складних машин (тракторів, автомобілів і комбайнів) коефіцієнти складності окремих агрегатів (двигунів, шасі, паливних насосів, гідроагрегатів, електроустаткування) різко відрізняються один від одного і від коефіцієнтів повнокомплектної машини.

Крім того, під час нормування за нормативами слід враховувати технологічні перерви, проте прямий вимір часу технологічних перерв неможливий, оскільки встановити скільки потрібно часу робітникам на продумування майбутньої роботи, скільки часу буде витрачено на розбирання деформованих і прокородованих сполучень, на скільки збільшаться витрати часу від зниження інтенсивно-

сті праці під час переходу робітника від однієї операції до іншої, неможливо.

Таблиця 2.5

Коефіцієнти, що враховують технологічну складність машин і агрегатів

Машини і агрегати	Коефіцієнти технологічної складності K_C	Поправні коефіцієнти при розбиранні $K_{пр}$	Поправні коефіцієнти при складанні K_o
Трактори гусеничні	1,80	1,22	1,58
Трактори колісні	1,70	1,20	1,50
Автомобілі вантажні	1,90	1,22	1,63
Двигуни чотирициліндрові	2,80	1,27	2,25
Двигуни двоциліндрові	2,20	1,24	1,84
Двигуни одноциліндрові	1,90	1,22	1,63
Паливні насоси	1,80	1,22	1,58
Електроустаткування	1,75	1,21	1,54
Гідроагрегати	1,60	1,20	1,43
Екскаватори	1,70	1,21	1,50
Зернові комбайни та інші сільськогосподарські машини	1,60	1,20	1,43
Плуги, сівалки, культиватори, обпилювачі, обприскувачі	1,45	1,19	1,43
Косарки, граблі, борони, котки	1,35	1,18	1,24

Час технологічних перерв визначають непрямими методами з урахуванням різної складності машин і графоаналітичним методом визначають залежність витрат часу від чинника складності.

Під час розбирання ця залежність має вигляд:

$$K_{пр} = 1,15 K_C^{0,091}, \quad (2.24)$$

де $K_{пр}$ – коефіцієнт технологічних перерв під час розбирання;
Коефіцієнт, що враховує вплив складності і технологічних перерв при складанні визначається за формулою:

$$K_o = K_C^{0,78}, \quad (2.25)$$

Значення коефіцієнтів $K_{пр}$ і K_o наведено в табл.2.5.

Досліджуючи нормативи і поправні коефіцієнти, норми часу на розбиральні роботи визначають за формулою:

$$T_{HP} = \sum T_p \cdot K_{HP}, \quad (2.26)$$

де T_{HP} – норма часу розбиральної операції, люд.-год.

$\sum T_p$ – сума штучно-калькуляційного часу прийомів на розбирання, визначена за нормативами, люд.-год.

K_{HP} – коефіцієнт, що враховує технологічні перерви під час розбирання.

Норми часу на складальні роботи визначають за формулою:

$$T_{HC} = \sum T_c \cdot K_0, \quad (2.27)$$

де T_{HC} – норма часу складальної операції, люд.-год.

$\sum T_c$ – сума штучно-калькуляційного часу прийомів на складання, визначена за нормативами, люд.-год.

K_0 – коефіцієнт, що враховує технологічні перерви і вплив чинника складності під час складання.

Метод поелементного нормування розбірно-складальних робіт забезпечує можливість, визначення технологічно обґрунтованих норм часу для вітчизняних і зарубіжних машин нових марок, що поступають в ремонт, скорочує трудомісткість розробки норм часу і включає суб'єктивні чинники під час розробки норм часу.

2.5. Очищення об'єктів ремонту

Виконання мийно-очисних операцій пов'язане з певними труднощами, викликаними, по-перше, різноманітністю видів забруднень (рис. 2.14), які вимагають застосування різних способів очищення, мийних засобів, обладнання і, по-друге, тим, що, об'єкти очищення (машина, агрегат, вузол, деталь) різні за масою, матеріалом, конструкцією, формою тощо.

Дорожньо-грунтові відкладення та рослинні залишки накопичуються здебільшого в ходовій частині машин. Ступінь забруднення залежить від умов експлуатації машин (сезон робіт, дорожні умови тощо). Міцність утримання часток на поверхні (адгезія) залежить від шорсткості поверхні, розміру часток, вологості повітря і низки інших факторів. Адгезія дрібних пилоподібних часток до поверхні досить значна. Так, після висихання поверхні машини, вимитої водяним струменем високого тиску, на ній залишається осадок із дрібних порошин. Видалити їх можна лише шляхом механічного протирання поверхні щіткою або протираальною тканиною.

Мастильно-грязьові відкладення. Виникають у разі потрапляння дорожнього бруду і пилу на поверхні деталей, забруднені мастильними матеріалами. Можливо зворотне явище – потрапляння мастильних матеріалів на поверхні, забруднені дорожнім брудом. При цьому бруд просочується мастильними матеріалами. У середньому

величина адгезії мастильно-грязьових відкладень до поверхні становить 0,05–0,20 кгс/см².



Рис. 2.14. Класифікація видів забруднення

Старі лакофарбові покриття. Під час ремонту машин доводиться видаляти старі лакофарбові покриття. Для цього використовують концентровані лужні розчини та спеціальні змивки.

Технологічні забруднення. Деталі, що надходять на збирання, можуть бути забруднені залишками ливарної землі, окалинами, притиральними пастами, пилом з повітря, стружкою та твердими частками в масляних каналах, зернами абразиву, шаржованими в поверхні тощо. У разі незадовільного очищення деталей від цих забруднень у процесі приробітку поверхонь тертя відбувається інтенсивне зношування. Задири, подряпини та риски, що виникають у період приробітку, істотно впливають на первинне зношування деталей.

Технологічні забруднення мають свої особливості, які необхідно враховувати, вибираючи технологію очищення. Тверді забруднення хімічно не пов'язані з поверхнею (пил, мікропорошки, шлаки, стружка), а як правило пов'язані з масляною плівкою і видаляються разом з нею. Виняток становлять стружка в каналах, оксидні плівки, зерна абразиву, шаржовані в поверхню металу. Для їхнього видалення потрібен сильний і спрямований гідродинамічний або тривалий кавітаційний (ультразвуковий) вплив. Для видалення притиральних паст слід мати засоби, щоб видаляти одночасно рідкі і тверді компоненти паст, інакше видалення тільки рідких компонентів, наприклад розчиненням, ускладнить видалення твердих компонентів через засушування і ущільнення, що ускладнить їхне емульгування.

Залишки отрутохімікатів. Являють собою мінерало-органічний комплекс, що складається з різних забруднень (мастильні матеріали, дорожній бруд, іржа, стара фарба тощо) у суміші з отрутохімікатами. Кількість отрутохімікатів за нормальної експлуатації машин становить до 26 мг/см² поверхні.

Продукти корозії. Утворюються як результат хімічного або електрохімічного руйнування металів і сплавів. На поверхні сталевих і чавунних деталей з'являється плівка червоно-бурого кольору – гідрат окису заліза (іржа). Гідрат окису заліза розчиняється в кислотах і лише незначно в лугах і воді. Алюмінієві деталі також піддаються корозії, продукти якої мають вигляд сірувато-білого нальоту і являють собою окисли або гідрати окислів алюмінію.

Мастильні матеріали. Це – найпоширеніший вид забруднення деталей. Під час експлуатації машин мастильні матеріали значно змінюють свій стан, викликаний процесами "старіння", окиснювання та полімеризації. Ступінь змін залежить від температурних та інших факторів роботи агрегатів та вузлів.

Хімічний склад вуглецевих відкладень вивчають методом групового аналізу. Він полягає у виділенні груп речовин, що характеризуються розчинністю у вибраних розчинниках. Під час аналізу виділяють такі групи речовин: оливи і нейтральні смоли, оксикислоти, асфальтени, карбени та карбоїди, а також неспалений осадок – зола.

Нейтральні смоли – речовини, що входять до складу смолистої частини нафти та продуктів її розкладання. Нейтральні смоли являють собою з'єднання, що мають рідку або напіврідку консистенцію, цілком розчинні в петролейному ефірі та нафтових фракціях.

Оксикислоти – органічні кислоти, що містять гідроксильну й карбоксильну групи. Оксикислоти здатні дисоціювати, утворювати солі (реакції омилення), окиснюватися..

Асфальтени – продукти ущільнення нейтральних смол, являють собою темно-коричневі або чорні речовини, тверді, крихкі, неплавкі і розкладаються за температури понад 300 °С з утворенням коксу та газів. Асфальтени нерозчинні в петролейному ефірі, однак легко розчиняються в бензині, хлороформі та сірковуглеці. Вони не піддаються омиленню, не є емульгаторами, сприяючи утворенню зворотних емульсій.

Карбени та карбоїди – це нерозчинні в бензолі продукти ущільнення і полімеризації вуглеводнів, що виникають під час термічного розкладання олив і палив. Карбени розчинні в сірковуглеці, нерідинні, карбоїди нерозчинні ні в яких розчинниках.

Основною причиною утворення вуглецевих відкладень у двигунах варто вважати термоокислення вуглеводнів, котрі є основними компонентами палива і мастила. Зі збільшенням обсягу окиснювання мастил і палива відбувається кількісний ріст оксикислот, асфальтенів, карбенів і карбоїдів у продуктах їхнього окиснювання.

Процес утворення нагару переважно зводиться до такого. У зоні високих температур паливо і мастила згоряють, утворюють тверді нелипкі вуглисті частки. У зоні більш низьких температур олива піддається менш глибоким змінам – окиснюванню та ущільненню з утворенням липких високомолекулярних з'єднань. Ці з'єднання відкладаються на деталях у вигляді тонкої лакоподібної плівки, що має здатність утримувати на своїй поверхні вуглецеві частки згорілого палива та мастила. Як результат поступового спікання цих часток утвориться шар вуглецевого відкладення – нагар.

Залежно від конструкції двигунів, умов їхньої експлуатації, якості застосовуваного палива і мастила, нагар може мати різний хімічний склад. Основу нагару в автотракторних двигунах становлять карбени і карбоїди – 30–70%, мастила і смоли – 8–30%, інше – оксикислоти, асфальтени та зола. Таким чином, нагар містить велику кількість нерозчинних або погано розчинних компонентів, що утрудняє їхнє видалення.

В утворенні лакоподібної плівки велику роль відіграє тонкошарове окиснювання оливи. Іншим важливим фізико-хімічним процесом є коагуляція вискодисперсних вуглецевих часток, що міститься в мастильних матеріалах. У разі потрапляння мастильних матеріалів на нагріті металеві поверхні утворюються коагулянти. Осідаючи на поверхнях деталей, вони служать основним вихідним матеріалом для лакових плівок. Щодо автотракторних двигунів лакоподібні плівки не відіграють великої ролі як забруднення, оскільки вони відкладаються лише на нижній частині поршня і частково на шатуні.

Асфальтосмолисті відкладення складаються із продуктів згоряння та результатів фізико-хімічної зміни палив і мастильних матеріалів, механічних домішок, засмокуваних разом з повітрям, продуктів зношування деталей і води. В осадження переходять ті речовини, які не розчиняються в мастильних матеріалах і мають велику порівняно з ними щільністю. На 40–80% опади складаються з мастильних матеріалів і смол; карбени, карбоїди та зола становлять 10–30%.

Асфальтосмолистими відкладеннями забруднено 50–70% поверхонь деталей, це найпоширеніший вид забруднень деталей. Утворення опадів відбувається у двох зонах: високотемпературній – на деталях циліндро-поршневої групи і низькотемпературній – картері. Найбільший вплив на старіння моторних олиव мають умови його роботи на ділянці гільзи циліндра. Тут оливи, перебуваючи в тонкій плівці 3–25 мкм, піддаються впливу продуктів згоряння, нагрітих до 1200–1500°C. при цьому поверхня масляної плівки на гільзі циліндра оновлюється з кожним ходом поршня. Як результат поверхня контакту плівки з робочими газами досягає для деяких двигунів декілька тисяч квадратних метрів за годину.

Лакові відкладення – плівки, що утворюються в зоні поршневих кілець, а також на юбку та внутрішніх стінках поршнів.

Нагари – тверді вуглецеві речовини, що відкладаються на деталях двигунів (стінки камери згоряння, клапани, свічки запалювання, днище поршня, колектор).

Накип. У системах водяного охолодження двигунів за їхньої експлуатації утворюється накип. Відкладаючись на стінках водяної сорочки двигуна і радіатора, накип утрудняє теплообмінні процеси та порушує нормальну роботу двигуна. Утворення накипу обумовлене змістом у воді в розчиненому стані солей кальцію і магнію, тобто жорсткістю води (жорсткість води вимірюється в міліграмах-еквівалентах на літр (мг-екв./л)). Природну воду підрозділяють на м'яку (до 4 мг-екв./л), жорстку (8–12 мг-екв./л) і дуже жорстку (більше 12 мг-екв./л).

Відомо, що в системах охолодження одночасно з утворенням накипу протікають корозійні процеси. Для запобігання утворенню накипу та зменшення корозії в системі охолодження двигунів, у випадку заливання в них непідготовленої води, слід застосовувати спеціальні присадки.

Характеристика мийних засобів. *Основи мийної дії.* Мийна дія полягає у видаленні рідких і твердих забруднень з поверхні і переміщення їх у мийний розчин у вигляді розчинів або дисперсій. Мийна дія проявляється в складних процесах взаємодії забруднень, мийних речовин і поверхонь. Основні елементи мийної дії – змочування, емульгування, диспергування, піноутворювання і стабіліза-

ція – тісно пов'язані з поверхневим натягом і поверхневою активністю миючих речовин.

Відомо, що уздовж поверхні рідини діють сили натягу, що прагнуть скоротити цю поверхню. Вони мають назву сил поверхневого натягу. Поверхневий натяг вимірюють роботою, яку потрібно затратити для збільшення поверхні рідини на 1 см^2 , цю роботу виражають в ерг/ см^2 .

Добуток сили поверхневого натягу на розмір поверхні називається вільною поверхневою енергією. Здатність речовин знижувати вільну поверхневу енергію (поверхневий натяг) характеризує поверхневу активність цих речовин. Речовини, що знижують поверхневий натяг розчину, називаються поверхнево-активними (ПАР).

Звичайно поверхнево-активні речовини – це полярні органічні сполуки. Полярність ПАР обумовлена будовою молекул, що складаються із двох різних по своїх властивостях частин. Одна частина молекули є гідрофобною (водовідштовхувальною) і сприяє розчиненню ПАР у маслі, а інша частина – гідрофільна й сприяє розчиненню ПАР у воді. Гідрофобна частина молекул (радикал) складається із залишку вуглецевого ланцюга довжиною з 10-18 вуглецевих атомів. Гідрофільність ПАР пояснюється наявністю карбоксильної групи COO^- , гідроксильної АЛЕ^- , сульфатної OSO_3^- , сульфонатної SO_3^- або аміногрупи NH_2 .

Найбільше значення для мийних процесів мають колоїдні (милopodobні) ПАР. Молекули колоїдних ПАР мають розвинені вуглецеві радикали і сильні гідрофільні полярні групи. У водяних розчинах колоїдні ПАР мають високу поверхневу активність і здатність утворювати, починаючи з певних концентрацій, колоїдні агрегати – мицели. Утворення мицелл за критичної концентрації мицеллоутворення (ККМ) призводить до різкої зміни об'ємних властивостей розчинів ПАР.

За ККМ досягається максимальна мийна дія розчинів ПАР. Величина ККМ залежить від структури ПАР, наявності в розчині лужних добавок (електролітів), температури розчину і для різних ПАР становить 1–10 г/л. Для практичних цілей найбільш важлива здатність лужних добавок значно знижувати ККМ. Це призводить до того, що максимальна мийна дія розчинів починає проявлятися за меншого ККМ, а отже, і за меншої витрати ПАР.

Висока поверхнева активність і здатність до мицеллоутворення забезпечують колоїдним ПАР комплекс властивостей, що визначають їхню мийну дію: змочувальну емульгуючу, диспергуючу і стабілізуючу здатності.

Змочування полягає в розтіканні краплі рідини, поміщеної на поверхню твердого тіла. Поверхні, що змочуються водою, називаються гідрофільними, а змочувані не водою – гідрофобними.

Змочування твердого тіла рідиною залежить від поверхневого натягу рідини, від природи і складу рідини та твердого тіла. Наприклад, поверхні, забруднені олівами, добре змочуються вуглеводородними розчинниками і не змочуються чистою водою. Додавання у воду ПАР знижує поверхневий натяг води і забезпечує змочування забруднених олівами поверхонь.

Здебільшого забруднення складаються із двох фаз – рідкої (мастила, смоли) і твердої (асфальтени, карбени, карбоїди). Видалення таких забруднень із поверхні відбувається двома шляхами – емульгуванням рідкої фази (утворення емульсій) і диспергуванням твердої фази (утворення дисперсій).

Емульсією називається система рідин, що не змішуються, одна з яких розподілена у вигляді дрібних крапель в іншій. Емульсії поділяють на два типи: емульсії прямі – «мастило у воді» і емульсії зворотні – «вода в мастилі». Під оливою тут розуміють будь-яку органічну рідину, нерозчинну у воді й водяних розчинах.

Емульгування рідинної фази забруднень можливо у водяних розчинах ПАР. Молекули ПАР створюють на поверхні крапель мастила міцні адсорбційні шари. Гідрофобна частина молекули пов'язана з мастилом, а гідрофільна – орієнтується убік водяного розчину (рис. 2.15). При цьому відбувається гідрофілізація краплі масла, що перешкоджає їхньому злиттю. Речовини, у цьому випадку ПАР, що неадсорбуються на поверхні гідрофобних часток, називаються емульгаторами.

Диспергування твердої фази забруднень відбувається завдяки адсорбції поверхнево-активних речовин на частках забруднень. Малий поверхневий натяг розчину дозволяє йому проникати в дрібні тріщини часток забруднення і адсорбувати ПАР на поверхні цих часток. Адсорбовані молекули ПАР створюють розклинюючий тиск на частки, руйнуючи й подрібнюючи їх. На процеси емульгування і диспергування великий вплив робить механічний вплив розчину, що сприяє руйнуванню забруднень. Важливий етап у мийному процесі – стабілізація в розчині відмитих забруднень і запобігання їхньому повторному осадженню на очищену поверхню. Стабілізація забруднень залежить здебільшого від складу мийного розчину і технологічних умов його застосування (концентрація, температура, забруднення).

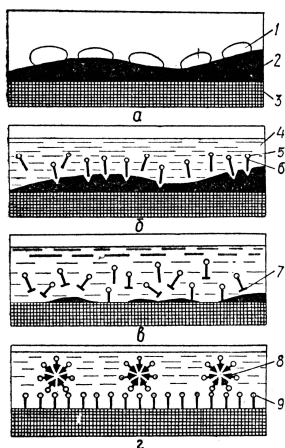


Рис.2.15. Схема мийного процесу:

1 – краплі води; 2 – забруднення; 3 поверхня, що очищається; 4 – мийний склад; 5 – гідрофільна частина молекули ПАР; 6 – гідрофобна частина молекули ПАР (радикала); 7 – перехід часток забруднення в розчин; 8 – частки забруднення, стабілізовані в розчині; 9 – адсорбція молекул ПАР на очищеній поверхні

зважаєному стані стабілізуються в розчині і видаляються разом з ним.

У побуті прийнято судити про якість мийного розчину за кількістю піни, що утвориться. Це не зовсім правильно. Піна лише сприяє втриманню диспергованого забруднення і запобіганню його осадження на очищену поверхню.

Під час очищення поверхні металів піноутворення має велике значення. У деяких випадках піноутворення – це позитивний вплив, наприклад, під час пароводоструйного або електролітичного очищення, коли шар піни запобігає розбризкуванню мийного розчину або створює захисний шар, що зменшує проникнення їдких випарів в атмосферу. Здебільшого піноутворення є негативним чинником, тобто обмежує використання інтенсивного перемішування миючого розчину. Наприклад, у струминних мийних машинах не можна застосовувати мийні засоби з високим рівнем піноутворення.

Лужність мийних розчинів – важливий фактор, що визначає ефективність очищення. Лужність визначає здатність розчинів ней-

У підсумку мийний процес можна представити низкою послідовних етапів. Оскільки майже всі забруднення гідрофобні, то вода, маючи більший поверхневий натяг, не змочує забруднені поверхні і стягується в окремі краплі (рис. 2.15а). Під час розчинення у воді мийного засобу поверхневий натяг розчину різко зменшується і розчин змочує забруднення, проникає в його тріщини і пори (рис. 2.15б). При цьому знижується поєднання часток забруднення між собою та з поверхнею. За механічного впливу захоплені молекулами мийного засобу грязьові частки переходять у розчин (рис. 2.15в). Молекули мийного засобу обволікають забруднення і відмиють поверхню, що перешкоджає зміцненню часток і осіданню їх на поверхні (рис. 2.15г). Як результат частки забруднення у

тралізувати кислі компоненти забруднень, омилювати масла, знижувати контактний натяг розчинів, жорсткість води тощо. Розрізняють загальну і активну лужність. Загальна лужність визначається титруванням кислотою з індикатором метилоранжем, а активна титруванням фенолфталеїном. Мийна дія розчинів залежить тільки від рівня активної лужності.

Характеристикою лужності, так само як і кислотності, служить водневий показник рН.

Під час очищення поверхонь різних металів щоб уникнути їхньої корозії слід підтримувати певний рівень рН розчину. Для цинку і алюмінію рН розчину повинен становити 9-10, олова не вище 11, латуні – не вище 12,0-12,5, сталі до 14. Практично обробку легких і кольорових металів роблять при значно більших значеннях рН, наприклад, 11,5-12,8. Такі розчини обов'язково містять у своєму складі силікати (метасилікат натрію, рідке скло), що запобігають корозії алюмінію, цинку, міді.

Ступінь забруднення поверхні також впливає на вибір рН розчину. Очищення деталей з міцними забрудненнями, наприклад, асфальтосмолистими відкладами, слід вести за рН 11,8-13,6, для неміцних забруднень, наприклад масляних, очищення можна вести при рН 10-11,5.

У процесі очищення важливо, щоб мийний розчин постійно мав оптимальне значення рН. Для забезпечення необхідного рівня рН слід використовувати бінарні і потрібні суміші різних з'єднань. Для розчинів з низьким рН його підвищують додаванням активних лугів, наприклад, їдкого натру або метасиліката натрію. Як результат реакцій нейтралізації, омилення та реакцій із зм'якшення жорсткої води, а також через винос із очищених деталей концентрація активних компонентів розчину, лужність і водневий показник постійно знижуються. Підвищити початкову концентрацію розчину, як певний резерв для постійної витрати, не можна, через можливу корозію металу, що очищається. Застосовують так звані буферні суміші, що мають лужний резерв. Здатність розчину зберігати величину рН, близьку до початкової, у разі забруднення розчину кислотними домішками, називається буферною ємністю цього розчину. Як буферні суміші застосовують кальциновану соду, фосфати й метасилікат натрію.

Інгібітори корозії. Під час експлуатації, ремонту і зберігання деталі машин внаслідок хімічного або електрохімічного впливу зовнішнього середовища піддаються корозії. Швидкість корозійних процесів залежить від структури, хімічного складу металу, наявності на поверхні захисних плівок і покриттів, температури та кислотності середовища, хімічного складу середовища тощо.

Вуглецеві сталі відносять до легкокородучих матеріалів. Продуктом корозії сталі є іржа. Склад іржі умовно позначають формулою $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Іржа складається із двох шарів – пухкого й щільного. Алюмінієві сплави також легко кородують з утворенням окислів Al_2O_3 або гідратів окислів $\text{Al}(\text{OH})_3$, що мають вид сіруватого нальоту пухкої структури.

Мийні розчини, що містять луги, кислоти або їхні солі також можуть мати кородуючі дії на метали. Для запобігання корозії деталей у мийний склад вводять спеціальні добавки, які називаються інгібіторами корозії. Захисна дія багатьох інгібіторів корозії пов'язана з утворенням на поверхні металу захисної плівки у вигляді продукту реакції між металом, інгібітором і корозійно-активним середовищем. Адсорбована плівка створює великий опір в електричному колі корозійної пари, що сповільнює процес корозії.

Найбільш широко поширення як інгібітори корозії одержали силікати, фосфати, нітрити і хромати.

Синтетичні мийні засоби. Останнім часом велике поширення у всіх процесах очищення одержали синтетичні мийні засоби (СМЗ). Основу СМЗ становлять ПАВ, активність яких підвищена введенням лужних електролітів. Розчини СМЗ за мийною здатністю значно перевершують розчини їдкого натру і різних лужних сумішей. Склад СМЗ для струминних і ванних способів очищення представлено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Склад синтетичних мийних засобів лужного типу

Компоненти	Марка й склад мийних засобів, % маси						Темп 100
	Лабомід		МС				
	101	203	6	8	15	16	
Сода кальцинована	50	50	40	38	44...42	40	40,5
Тринатрійфосфат	-	-	-	-	-	-	20
Триполіфосфат натрію	30	30	25	25	22	26	15
Метасилікат натрію	16,5	10	29	29	28	28	20
Карбамід	-	-	-	-	-	-	2,8
Синтанол ДС-10	3,5	8	6	-	-	-	1,5
Синтамід-5	-	-	-	8	-	-	-
Алкілсульфати	-	2	-	-	-	-	-
Оксіфос-Б	-	-	-	-	6...8	-	-
Синтамід-510	-	-	-	-	-	4	-
Оксіфос КД-6	-	-	-	-	-	-	0,5

Основними компонентами СМЗ є: їдкий натр, кальцинована сода, силікати натрію, тринатрійфосфат, хромпик та інші.

Розчинники і розчинно-емульгуючі засоби (РЕЗ). Поширення одержали способи видалення забруднень із поверхні деталі за допомогою розчинників. У разі зіткнення розчинника із забрудненням відбувається розподіл молекул забруднення в розчиннику. Під час очищення забруднення накопичуються в розчиннику. Якщо не вживати запобіжних заходів і не виконувати спеціальні операції (ополіскування чистим розчинником, знежирення в парах розчинників), то після очищення в розчинниках на поверхні деталей залишається деяка кількість забруднень. Це необхідно враховувати під час вибору способу очищення, виходячи з вимог до якості підготовки поверхні.

Розчинники, що використовуються в процесах очищення деталей, мають задовольняти певним вимогам, загальними з яких є:

1. Висока розчинююча здатність стосовно забруднень, що видаляються.

2. Відсутність або певний рівень токсичності і пожежонебезпечки.

3. Відсутність руйнівної дії на поверхню, що очищається.

4. Фізико-хімічна стабільність в умовах застосування.

Найбільшого поширення під час очищення набули розчинники: ацетон, технічний бензин, бензол, бутилацетат, бутиловий спирт, гас, ксилол, толуол, уайт-спірит, етилацетат, технічний етиловий спирт, хлорорганічні розчинники, трихлоретилен, чотирихлористий вуглець тощо.

Розглянемо характеристику розчинників, що застосовуються під час очищення.

Ацетон – безбарвна прозора рідина (CH_3COCH_3) з характерним запахом. Змішується в будь-якій кількості з водою, спиртом, бензином і деякими іншими органічними розчинниками.

У ремонтному виробництві ацетон застосовують для знежирення слабозабруднених деталей. Його доцільно використовувати в тих випадках, коли одночасно з усуненням жирових забруднень необхідно видалити старі лакофарбові покриття. В останньому випадку ацетон застосовують як компонент у спеціальних розчинах.

Технічний бензин – легкотекуча безбарвна і прозора рідина. Добре розчиняє свіжі і відпрацьовані мінеральні масла, консистентні змащення і консерваційні матеріали. На лакофарбові матеріали дія не значна. Крім того, випускають бензини БР-1 і БР-2, що застосовуються для розчинення сирової гуми під час одержання гумового клею, але властивості цих розчинників дозволяють їх застосовувати також для очищення деталей машин. За розчинювальною здатністю бензини БР-1 і БР-2 подібні до технічного бензину.

Бензол (C_6H_6) – безбарвна, легкозаймиста рідина зі своєрідним ароматичним запахом. Добре змішується з багатьма органічними

розчинниками, зокрема з бензином, гасом, спиртом. Застосовують для очищення деталей машин від жирів, масел, старих лаків і фарб.

Якщо потрібно розчинити полярні речовини (або їхні суміші з неполярними), користуються спиртобензольними сумішами, які мають високу розчинюючу здатність.

Бутилацетат – бутиловий ефір оцтової кислоти $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$ – прозора безбарвна рідина. Добре розчиняє целюлозу та інші плівкоутворюючі речовини.

Бутиловий спирт – безбарвна прозора рідина (бутанол $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$) з характерним запахом.

Бутиловий спирт змішується з багатьма органічними розчинниками й частково розчиняється у воді. Ця властивість дозволяє використовувати його для підвищення взаємної розчинності полярних і неполярних речовин.

Бутиловий спирт добре розчиняє мастила і смоли.

Гас – прозора безбарвна рідина, суміш рідких вуглеводнів, температура кипіння яких від 150 до 300 °С.

Гас застосовують для розчинення мінеральних мастил і жирів. Для цього ж і приблизно з такою самою ефективністю застосовують дизельне паливо.

Ксилол і толуол – безбарвні, прозорі, легкозаймисті рідини з характерним запахом.

Тарою для них служать дерев'яні бочки або сталеві барабани, обкладені з середини папером.

За розчинювальною здатністю ксилол і толуол нагадують бензол, тобто добре розчиняють мастила та деякі синтетичні смоли – глифталеві, ефіри целюлози тощо.

Уайт-спірит – безбарвна прозора рідина. Відомий як бензин-розчинник для лаків і фарб, але порівняно з іншими бензинами він менш леткий (приблизно в 15 разів), отже, менш вогнебезпечний.

Уайт-спірит добре розчиняє жири і масла (крім касторового та окиснених жирних кислот).

Етилацетат – етиловий ефір оцтової кислоти $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$ – безбарвна прозора рідина.

Застосовують як розчинник лаків і емалей.

Технічний етиловий спирт – $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ – безбарвна прозора рідина з характерним винним запахом.

Добре змішується з водою, але обмежено розчиняється в неполярних вуглеводневих розчинниках.

Етиловий спирт розчиняє смоли, мило, касторове масло. Його застосовують для чистового промивання оптичних і електричних приладів.

Особливо варто зупинитися на *хлорорганічних розчинниках* – трихлоретилені та чотирихлористому вуглеці.

Ці розчинники не горючі, мають високу розчинювальну здатність відносно жирів, мастильних матеріалів і багато високомолекулярних з'єднань, що використовуються як захисні покриття, ущільнювальних матеріалів, ізоляції й тощо.

Трихлоретилен ($\text{CHCl}=\text{CCl}_2$) – безбарвна рідина із солодкуватим запахом.

Змішується з органічними розчинниками та добре розчиняє масла, жири і полімери.

Трихлоретилен викликає корозію алюмінію і магнію, особливо у вологій атмосфері.

Чотирихлористий вуглець – безбарвна важка рідина CCl_4 з характерним запахом.

Змішується з такими органічними розчинниками, як ацетон, бензин, бензол, спирт.

Через вибухобезпечність чотирихлористий вуглець особливо рекомендується для очищення деталей електроустаткування, але при цьому варто враховувати, що він викликає сильну корозію алюмінієвих сплавів.

Трихлоретилен та чотирихлористий вуглець застосовують також як компоненти під час приготування сумішей зі зниженою горючістю.

Хлорорганічні розчинники у разі взаємодії з парами води (вологе повітря) і контакті з відкритим вогнем розкладаються і утворюють отруйну речовину – фосген. Ця реакція може виникнути під час паління в приміщенні, що містить пари хлорорганічних розчинників, тому знежирювати деталі в цих розчинниках рекомендується в герметичних установках, без доступу вологи.

Хлорорганічні розчинники особливо широко застосовуються за кордоном, де трихлоретилен є одним з головних розчинників для очищення металевих поверхонь.

У цей час за кордоном рекомендується новий органічний розчинник "Арклон" (1,1,2-трихлортрифторетан). Завдяки низькому поверхневому натягу "Арклон" швидко проникає в усі частини об'єктів, що промиваються, і добре їх очищає.

"Арклон" можна застосовувати як для гарячого, так і холодного очищення деталей, як із застосуванням ультразвуку, так і паровій фазі. Він не токсичний і не запалюється.

За правильного вибору відповідних органічних розчинників очищення з їхнім застосуванням має такі переваги:

- 1) високу продуктивність;
- 2) можливість видалення забруднень із деталей складної фор-

ми, тому що здатністю, знежирювати, володіють не тільки рідкі розчинники, але і їхні пари, які легко проникають у порожнини деталей і вузлів;

3) можливість багаторазового використання однієї і тієї самої пропорції розчинника, тому що органічні розчинники в процесі видалення забруднень не змінюються хімічно і знову можуть бути використані у виробництві після регенерації.

Але органічним розчинникам властиві і певні недоліки, які слід враховувати під час проектування технологічних процесів очищення деталей машин:

1) розчинники мають обмежене застосування через з вибірковість розчинення різних забруднень;

2) більшість органічних розчинників небезпечна в пожежному відношенні та шкідливо діє на організм людини;

3) органічні розчинники порівняно дорогі.

Органічні розчинники для посилення їхньої розчинювальної здатності застосовують у суміші з іншими розчинниками. При цьому кожний компонент суміші виконує певну функцію відповідно до його здатності розчиняти ті або інші компоненти забруднення.

Сьогодні вітчизняна промисловість випускає суміші розчинників: №647, №648 тощо.

Однією з найбільш ефективних є суміш розчинників марки РДВ.

Суміш РДВ (її називають розріджувачем) являє собою композицію органічних розчинників наступного складу (у відсотках до ваги): ацетон – 3, бутилацетат – 18, бутиловий спирт – 10, етилацетат – 9, етиловий спирт – 10 і толуол – 50.

Судячи лише за фізико-хімічними властивостями розчинників, що входять у розріджувач РДВ, можна заздалегідь зрозуміти, що цю суміш можна використати для видалення жирів, масел і старих лакофарбових покриттів.

Із сумішей органічних розчинників, що широко застосовують для видалення старих лакофарбових покриттів, становлять інтерес *змивки*.

Механізм їхньої дії можна зрозуміти з основних вимог, яким мають задовольняти змивки:

1) достатнє розм'якшення старого лакофарбового покриття й проникнення в його глибину для руйнування ґрунтувального шару;

2) повільний випар активної частини змивки для максимального використання її руйнівної дії на старе покриття;

3) відсутність корозійної дії на метал і за можливості відсутність токсичності та пожежонебезпеки.

Отже, змивка має складатися із двох основних частин: розчинників, що викликають набрякання і руйнування старого лакофарбового покриття, і загущувачів, що надають змивці потрібну консистенцію та гальмують випар активних компонентів.

Для видалення старих масляних, нітроцеллюлозних і перхлорвінілових покриттів використовують змивки типу СД(сп), СД(зв) і АФТ-1.

Спеціальна змивка СД (сп) являє собою суміш органічних розчинників такого складу (у відсотках до обсягу): ацетон – 3; бензол – 30; етилацетат – 30 і етиловий спирт – 10.

Змивку наносять на стару фарбу щіткою або пульверизатором. Як результат набрякання покриття зв'язок покриття з металом порушується, і його можна видалити за допомогою металевих щіток або іншою механічною дією.

Після видалення покриття поверхні деталі промивають розріджувачем РДВ.

Звичайна змивка СД(зв) має такий склад (у відсотках по вазі): ацетон – 47; бензол – 8; нафталін – 10,8; парафін – 2,2; скипидар – 7; етилацетат – 19; етиловий спирт – 6.

Нафталін і парафін вводять у змивку для її загущення і зменшення випаровуваності.

Технологія використання цієї змивки така сама, як і змивки СД(сп).

Змивка АФТ-1 складається з таких компонентів (у відсотках по вазі): ацетон – 19; коллоксилин (нітроцеллюлоза) – 5,0; парафін – 0,5; формальгиколь – 47,5 і толуол – 28,0.

Нормальний температурний режим, за якого можна користуватися змивкою АФТ-1, від –15 до +30 °С. За температури навколишнього повітря нижче –15°С у змивку потрібно додати 15% ацетону або уайт-спірита.

В іншому технологія застосування цієї змивки така сама, як і змивок типу СД.

Якщо немає стандартних змивок, для видалення масляних і нітроцеллюлозних покриттів можна застосовувати суміш із 60% ацетону, 30% бензолу й 10% парафіну.

Найбільш важливі технологічні властивості розчинників – розчинювальна здатність, леткість, температура спалаху та гранично-допустима концентрація парів у повітрі.

Розчинювальна здатність – це основна технологічна властивість розчинника. Що вище розчинююча здатність, то швидше очищається поверхня і менше питома витрата розчинника.

Розчинювальна здатність деяких розчинників представлена в табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Розчинювальна здатність розчинників

Розчинник	Розчинювальна здатність стосовно $ACO^*, \frac{кг}{м^2/год}$	Розчинювальна здатність стосовно масляно-смолистих відкладень, $\frac{кг}{м^2/год}$
Уайт-спірит	0,32	0,90
Ксилол	0,70	2,20
Тетрахлоретилен	-	1,70
Трихлоретилен	1,70	3,10
Гас	0,21	0,65
Бензин	0,40	1,30
Дизельне паливо	0,10	0,43

* Масляно-смолиста частина забруднень відокремлювалась за п'ятихвилинної витримки зразків у бензині з наступним сушінням протягом 24 год.

Останнім часом широко застосовують під час очищення *розчинно-емульгуючі засоби (РЕЗ)*.

У разі занурення деталі в РЕЗ, що застосовується в чистому виді або в суміші з іншими розчинниками, очищення відбувається за рахунок розчинення. Потім деталь занурюють у воду або водяний розчин лужних СМЗ і відбувається емульгування розчинника та забруднень, що залишилися, і перехід їх у розчин, що забезпечує необхідну якість очищення. РЕЗ звичайно застосовують під час очищення деталей від міцних, наприклад, асфальтосмолистих відкладень, а також у тих випадках, коли очищення відбувається за помірних температур (від +20 до +50°C).

РЕЗ складаються з базового розчинника, додаткових розчинників, поверхнево-активних речовин і невеликої кількості води. Вода потрібна для розчинення поверхнево-активних речовин. Додаткові розчинники забезпечують однорідність і стабільність розчину, утвореного компонентами, розчинними у воді і розчинниками.

Як базовий розчинник використовується: гас (засіб Емульсин), ксилол (АМ-15), уайт-спірит (Термос, МК-3), хлоровані вуглеводні (Аплайд 8-66, Ардрокс №691, Лабомид-312). РЕЗ готують у вигляді концентрату для розведення в дешевому розчиннику (гас, дизельне паливо), співвідношення якого становить від 1 до 5 частин.

Технологія мийно-очисних операцій. Очищення об'єктів ремонту — одна із трудомістких операцій у ремонтному виробництві, пов'язана з великими затратами теплової, електричної і фізико-хімічної енергії мийних розчинів. Сумарну енергію E_c , потрібну

для очищення, можна виразити так:

$$E_c = E_t + E_m + E_{фх} = \text{const}, \quad (2.28)$$

де E_t — теплова енергія; E_m — механічна енергія; $E_{фх}$ — фізико-хімічна енергія мийного розчину.

Теплова енергія потрібна для зниження адгезійних зв'язків забруднень. Наприклад, в'язкість асфальто-смолистих відкладень на деталях двигуна у разі підвищення температури від 20 до 100 °C зменшується у 100 і більше разів. Теплова енергія витрачається на нагрівання об'єктів очищення, забруднень, мийних розчинів, компенсацію теплових втрат на випромінювання, вентиляцію мийних машин тощо.

Механічна енергія, пов'язана із витратами електричної енергії, потрібна для руйнування забруднень під час очищення (привід струминних установок, пристрої для барботування мийних розчинів під час очищення зануренням), а також транспортування виробів у зоні очищення.

Мийні засоби — це концентратори і джерела фізико-хімічної енергії, яка використовується під час очищення для емульгування і диспергування забруднень.

Мийно-очисне технологічне обладнання класифікується за такими ознаками:

- за виконуваними функціями у технологічному процесі (зовнішнє миття, очистка агрегатів тощо);
- за типом мийних машин (моніторні, струминні, із занурення, комбіновані, спеціальні);
- за призначенням, залежно від типу ремонтного підприємства та об'єктів ремонту.

Способи та засоби очищення від забруднень. Очищення металевих поверхонь шляхом видалення забруднень ручним і механізованим інструментом. Механічні способи видалення забруднень засновані на додатку до них тангенціальних і нормальних сил механічного впливу.

Зазначені способи включають: 1) видалення забруднень ручним і механізованим інструментом; 2) видалення забруднень впливом рідинних струменів.

До першого способу належить видалення забруднень шкребками, а також очищення в галтовочних барабанах. До другого способу, поряд з водоструминним очищенням, віднесене гідроабразивне та очищення кісточковою крихтою.

За механічного очищення поверхонь застосовують ручний або механізований інструмент: металеві щітки, шкребки, стамески, аб-

разивні або карборундові камені, а також абразивні шкурки. Механічне очищення застосовують переважно для видалення із зовнішніх поверхонь деталей скупчень бруду, продуктів корозії, накипу, нагару та доочищення поверхонь після миття.

Ручний інструмент – шкребки, металеві щітки, абразивні бруски – знаходять обмежене застосування, тому що є малопродуктивними. Більш широко використовують металеві і капронові щітки, шліфувальні круги.

Очищення поверхні деталей машин за допомогою щіток називається крацеванням.

Крацевання зазвичай проводять на верстатах-моторах потужністю 0,25–0,5кВт із подовженим валом, на кінцях якого монтують крацевальні щітки. За швидкого обертання вала гострі кінці щітки вдарають по поверхні, що очищується і видаляють забруднення. Різні поверхні обробляють інструментом з різних матеріалів. Для очищення від заусенців і легкої іржі застосовують щітки синтетичних матеріалів. Для обробки сталевих і чавунних деталей щітки виготовляють із маловуглецевої сталі. Поверхні латунних або мідних виробів очищають щітками відповідно з латунного дроту і дроту з олов'янистої бронзи. Підбираючи крацевальні щітки, можна користуватися даними табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Характеристика круглих крацевальних щіток

Матеріал деталей	Матеріал дроту	Діаметр дроту, мм
Чавуни, сталь, бронза	Сталь	0,05-0,3
Нікель, мідь	Сталь, нейзильбер	0,15-0,25
Цинкові, олов'яністі, мідні і латунні покриття	Латунь, мідь	0,15-0,20

Очищуючи забруднені поверхні, не слід сильно притискати щітки до поверхні, що очищається, щоб не зігнути кінці дротиків щітки. При цьому варто мати на увазі, що тверді і тонкі дроти залишають грубі подряпини на поверхні деталей. Щітки з гофрованого дроту більше пружні і служать довше, ніж виготовлені із прямого дроту. Що менше діаметр щітки, то більш допустима кількість обертів. Так, наприклад, для щіток діаметром 130-150 мм допускається 2500-2800 хв⁻¹, за діаметра 300 мм – 1500-1800 хв⁻¹.

Очищення деталей машин у барабанах (галтування). Під час галтування деталі машин поміщають у барабани, що обертаються, у яких вони піддаються дії абразивних часток, що завантажуються в ті самі барабани, (порцелянової крихти, бою абразивних кругів тощо).

Від забруднень деталі очищаються завдяки взаємному тертю їх між собою та абразивним наповнювачем.

У випадку мокрого галтування в барабани поряд з абразивними частками додають органічні розчинники або водянні розчини лугів. Найчастіше барабани занурюють у ванни з відповідними мийними реагентами, які проникають у порожнину барабана через його перфоровану поверхню.

У барабанах очищають дрібні деталі (здебільшого нормалі), які займають звичайно 70-80% обсягу барабана (разом з абразивним наповнювачем).

Зернистість абразиву вибирають залежно від характеристики очищуваних деталей. Розміри часток мають бути значно більшими або на 1/3 меншими діаметра отворів у деталях, щоб уникнути їхньої закупорювання. При цьому варто мати на увазі, що округлені внутрішні кути можуть бути очищені лише дрібними частками, оскільки великі частки не ввійдуть у контакт із поверхнею деталі.

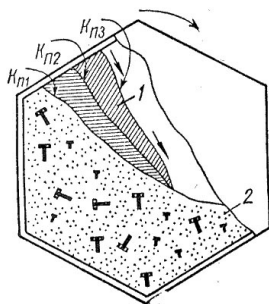


Рис. 2.16. Схема процесу галтування деталей у шестигранному барабані:

1 – активна зона; 2 – "мертва" зона;

$K_{п1}$ – $K_{п3}$ місця відриву деталей і наповнювача від стінки барабана

Барабани є циліндричними і багатограними. У циліндричних барабанах деталі та наповнювач переміщаються більш плавно, ніж у багатограних. Зі зменшенням кількості граней підсилюються удари деталей і абразивного наповнювача одного об іншого та об стінки барабана, що прискорює процес очищення, але призводить до збільшення небезпеки ушкодження деталей. Ремонтна практика показала, що найкращі результати досягаються за використання шестигранного барабана.

У ньому можна умовно зазначити дві зони – "мертву" 2 (рис 2.16), де деталі і зерна абразивного наповнювача майже не переміщаються одна відносно іншої, і "активну" 1, у якій відбувається процес очищення.

Збільшення швидкості обертання барабана до деякої межі може призвести до інтенсифікації процесу очищення, але разом із цим значно погіршується якість поверхні очищуваних деталей, тому що за збільшенні кількості обертів барабана момент початку ковання ($K_{п1}$ – $K_{п3}$ крапки) зміщується в напрямку обертання і деталі починають падати з більшої висоти.

Навіть за максимально допустимої швидкості обертання барабана продуктивність процесу галування буде невеликою, тому що частки наповнювача під час свого падіння не притискаються до поверхні деталей, а вільно ковзають на ній. Інакше кажучи, максимальне прискорення, що може одержати маса завантаження в обертовому барабані, не перевищує прискорення сили ваги ($a \leq g$). Очищають деталі в барабані в такому порядку. У ванну 3 (рис. 2.17), заповнену мийним розчином, занурюють шестигранний барабан 4 з отворами в бічних стінках, мийний розчин підігрівають паром, що підводять до змієвика 6.

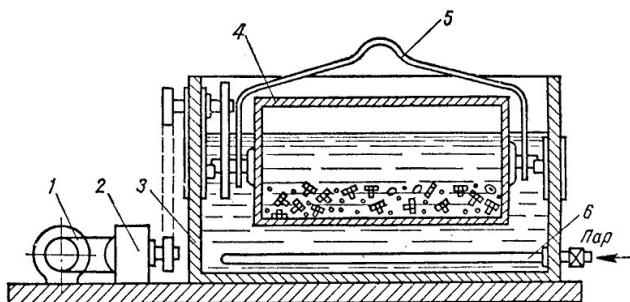


Рис. 2.17. Схема установки для очищення деталей у барабані:

1 – електродвигун; 2 – редуктор; 3 – ванна; 4 – барабан з отворами;
5 – скоба; 6 – змієвик

Барабан обертається електродвигуном 1 через редуктор 2. Під час обертання барабана деталі, що переміщуються, ударяються одна об іншу і об частки абразивного наповнювача. Як результат взаємного тертя поступово видаляються забруднення з поверхні деталей.

Розчин, що надходить із ванни в барабан через його перфоровані стінки, зм'якшує різальну дію абразиву і забезпечує видалення забруднень.

Широко застосовують установки барабанного типу зі зміщеною віссю. Установка являє собою зварену рамну конструкцію 13 (рис. 2.18), на якій укріплено ванну 5, виготовлену зі сталі товщиною 4 мм. Зверху її закривають накривкою. У ванну наливають гас, що підігрівається паром, який проходить через змієвик 12. Забруднений гас зливають через трубку 11, що закривається різьбовою пробкою. У середині ванни на кулькових вальниціх обертається шестигранний барабан 9. Осі барабана зміщені одна відносно іншої таким чином, що барабан не тільки обертається, а ще й переверта-

ється в гасі. При цьому металовироби, що перебувають у касеті барабана, ретельно перемішуються і добре промиваються.

Барабан приводиться в дію електродвигуном 1 за допомогою клинопасового передавача 3 і шестерень 4 і 2. Потужність електродвигуна 1 кВт, частота обертання вала 1400 хв⁻¹.

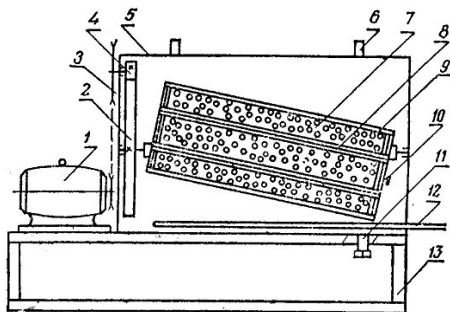


Рис. 2.18. Схема галтувального барабана зі зміщеною віссю:

- 1 – електродвигун; 2 і 4 – шестерні; 3 – клинопасовий передавач; 5 – ванна; 6 – упор; 7 – касета; 8 – кутник; 9 – барабан; 10 – болт; 11 – трубка; 12 – змійовик; 13 – рама

Для очищення деталей машин застосовують також установки з перекидними барабанами. Вони працюють так само, як установки, описані вище. Але в них можна змінювати кут нахилу барабана, тому поліпшуються умови для завантаження та вивантаження деталей і абразивного наповнювача.

Водоструминне очищення. Його застосовують для видалення із зовнішніх поверхонь машин пилу, бруду і маслянисто-грязьових відкладень за вмісту в останніх не більше 35% мастила.

Водоструминні установки складаються із плунжерного або вихрового насоса, електродвигуна, шланга і пістолета (гідромонітора). Стаціонарні установки монтують на рамі, пересувні додатково обладнують спеціальним візком. Подача води та зміна форми струменя від віялової до кинджальної регулюється розпилювальним пістолетом (рис. 2.19).

Вода з насоса шлангом надходить до каналу рукоятки 9 (див. рис. 2.19) мийного пістолета, а потім до його камери 3, звідки, пройшовши повз грані фігурної пробки 2, викидається через сопло діаметром 2 мм назовні.

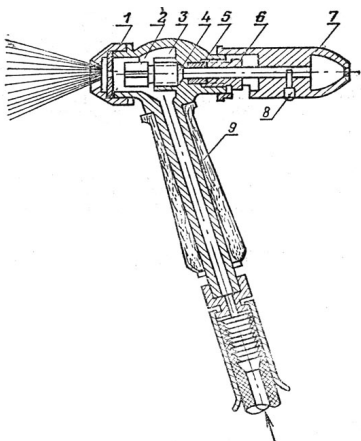


Рис. 2.19. Мийний пістолет моделі 134-1:

- 1 – пластина; 2 – пробка; 3 – камера;
- 4 – стрижень пробки; 5 – сальник;
- 6 – гайка сальника; 7 – регулювальна рукоятка; 8 – гвинт; 9 – рукоятка пістолета

Стрижень 4 фігурної пробки змонтований в пістолеті на різі. Обертаючи регулювальну рукоятку 7, змінюють відстань між пробкою 2 і пластиною 1, у якій розташоване сопло. За великої відстані між накривкою і пластиною через сопло виходить кинджальний струмінь води. У міру наближення пробки до пластини форма струменя міняється: з кинджальної вона перетворюється у віялову, і вода розпоршується дрібними струмками.

У процесі водоструминного очищення металевих поверхонь кинджальним струменем розмивають шар бруду, а віяловим змивають бруд. Кузов і оперення автомобілів не рекомендують мити кинджальним струменем води, тому що при цьому тверді частки пилу й бруду можуть подрпати плівку емалі.

Мийна установка моделі 1112 укомплектована двома нагнітальними шлангами, що дає можливість працювати як з одним, так і із двома розпилювальними пістолетами водночас.

Зовнішнє очищення машин виконують перед встановленням їх на майданчик ремонтного фонду і перед ремонтним діагностуванням, а також у випадках, передбачених технологічним процесом ремонту техніки. Для цього застосовують пересувні і стаціонарні мийні установки і машини.

Найпростішою є водоструминна установка для шлангового миття струменем з робочим тиском 2 МПа. Ефективніші моніторні мобільні мийні машини високого тиску (10 МПа) з – регульованою формою перерізу струменя. Випускаються такі машини у трьох варіантах для очищення холодною водою (ОМ-5361.03), холодною водою і абразивною водопіщаною сумішшю (ОМ-22612) і для очищення у кількох режимах – пароводоструминною сумішшю, холодною і гарячою водою (80°C) і застосуванням СМЗ і без них (ОМ-22616). Для підігрівання мийного розчину використовують газ.

На ремонтних підприємствах застосовують стаціонарні камерні тупикові і прохідні мийні машини (рис. 2.20). Трактор для очи-

щення встановлюють у мийні камері на обертальний круг і обмивають струменями верхнього і нижнього душових пристроїв. Крім того, конструкцією машини передбачено гідромонітор (тиск струменя 10 МПа), керування яким здійснюється поза мийною камерою. Як мийний розчин використовують Лабомід-101 або Лабомід-102 з концентрацією 10-15 г/л, який знаходиться у спеціальному баку, призначеному для зберігання і нагрівання його до 80 °С. Інші струминні машини для зовнішнього очищення розрізняються за конструкцією душових пристроїв і характером відносного руху, душового пристрою і об'єкту очищення. У деяких машинах передбачено, крім зовнішнього очищення, пропарювання внутрішніх порожнин агрегатів і баків.

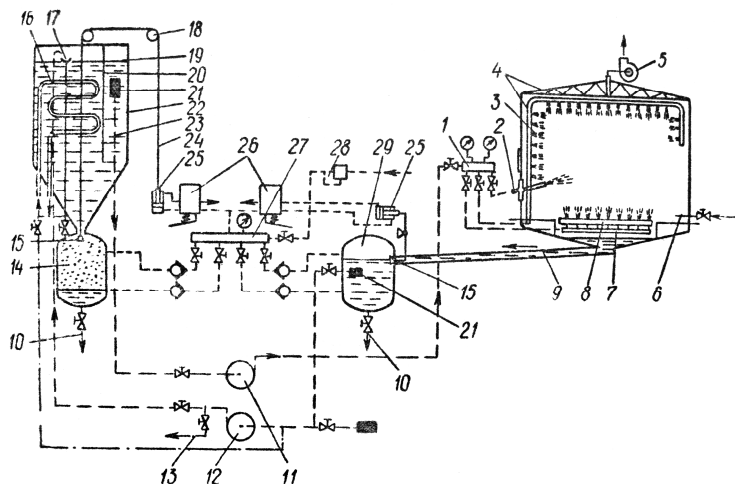


Рис. 2.20 Схема мийної машини ОМ-8036:

1 — водяний розподільник; 2 — гідрант; 3 — мийна камера; 4 — розпилювальний пристрій; 5 — вентилятор; 6 — водопровідна мережа; 7 — нижній розпилювальний пристрій; 8 — поворотний круг; 9 — зливна труба; 10 — кран зливання відстою; 11 — насос; 12 — фекальний насос; 13 — злив; 14 — брудозбирач; 15 — засувка; 16 — паровий підігрівач; 17 — лійка для зливання нафтопродуктів; 18 — блок; 19 — шар нафтопродуктів; 20 — перегородка; 21 — фільтр; 22 — бак; 23 — відстояний мийний розчин; 24 — трос; 25 — пневмоциліндри; 26 — крани керування; 27 — пневморозподільник; 28 — редуктор тиску; 29 — брудовідстійник

На окремих ремонтних підприємствах застосовують машини для очищення вузлів і агрегатів тракторів і автомобілів занурюванням, що дозволяє очищувати як зовнішні поверхні, так і внутрішні порожнини картерів. Для підвищення ефективності очищення за-

нурюванням використовують коливальну платформу, на якій встановлюють машину, зуполені струмені (струмінь рідини у рідині) тощо. Очищення виконують у СМЗ Лабомід-203 з концентрацією 20-30 г/л за температури 80-90 °С.

Очищення агрегатів, вузлів і деталей виконується у струминних мийних машинах, машинах занурювального типу і комбінованих, де в одному агрегаті застосовують занурювальні і струминні способи.

На ремонтних підприємствах використовують три типи струминних мийних машин: камерні тупикові, камерні прохідні і секційні. Деталі в цих машинах очищають струменями мийного розчину, які подаються із насадок під тиском 0,4-1,4 МПа.

Камерна тупикова мийна машина, наприклад ОМ-4610, має у прямокутній камері відкидні двері із напрямними для візка, завантаженого об'єктами очищення, що подається до камери машини. В останній розміщені гідранти, що обертаються навколо вертикальної осі. Верхній гідрант — це П-подібна рамка із труб, нижній гідрант (під візком) складається з двох горизонтально розміщених труб. У них водяні сопла розміщені під деяким кутом, який забезпечує обертання гідрантів за рахунок реактивних сил. Гідранти обертаються з частотою 7–10 хв⁻¹ (верхній) і 10–15 хв⁻¹ (нижній). Підігрівання мийного розчину — парове. Камерна прохідна мийна машина ОМ-1366 має душовий пристрій, подібний до душового пристрою машини ОМ-4610, але, крім того, є ще одна гілка душової системи, якою подається мийний розчин у гумові шланги з наконечниками. Цю гілку використовують для пропарювання картерів.

До конвеєрної прохідної двосекційної мийної машини належить ОМ-4267, оснащена підвісним конвеєром для переміщення деталей у тарі або для великих деталей безпосередньо на підвісках. Мийна камера машини прямокутної форми і виконана разом із секцією ополіскування. Конструкція мийної камери дозволяє виконувати струминне очищення розчинами СМЗ і струминне ополіскування водою.

Струминні мийні машини для очищення агрегатів, вузлів і деталей мають такі недоліки. По-перше, їх експлуатація пов'язана з великими енергозатратами і, по-друге, вони не забезпечують повного видалення забруднень у різних заглибленнях, отворах, карманах, екранованих від прямої дії мийних розчинів. Ці недоліки призвели до створення і поширення машин занурювального типу. Струминні машини застосовують лише для видалення мастильно-грязьових відкладень, ополіскування деталей після обробки занурюванням, а також для миття деталей перед складанням.

Пароводоструминне очищення. Спосіб пароводоструминного очищення полягає в подачі на поверхню, що очищується, парово-

дяного струменя з температурою 90-100 °C під тиском 5- 20 кгс/см². Висока температура, великий обсяг мийної рідини та турбулентність, що виникає під час удару струменя об поверхню потоку забезпечують ефективність очищення.

Зазначеним способом можна повністю очищувати поверхні від відкладень пилу і дорожнього бруду, консистентних змащень, мастил і продуктів їхнього розкладання, консерваційних покриттів, а також виконувати очищення – дегазацию поверхонь, забруднених отрутохімікатами. Широкі можливості пароводоструминного способу очищення забезпечили йому застосування в різних галузях промисловості, будівництва і сільського господарства. Установки, у яких використовується цей принцип, застосовуються для очищення автомобілів, тракторів, сільськогосподарських і дорожньо-будівельних машин, літаків, рухомого складу залізниць, гірничорудного встаткування, металоконструкцій, а також для очищення різних виробничих приміщень, ферм, сховищ.

Ефективність пароводоструминного очищення визначається енергією струменя, яка залежить від тиску і обсягу рідини, що викидається на поверхню та температури струменя, а також від активності хімічних присадок, які додаються в суміш.

Вихідні параметри очисника переважно залежать від типу водяного насоса. Одні установки оснащують діафрагменними насосами, інші – поршневими або плунжерними.

Установки з діафрагменними насосами простіші за будовою, довговічніші в експлуатації. Вони можуть працювати на режимі пароводяної суміші (7- 10 кгс/см²) або гарячої води з тиском 2–4 кгс/см².

Проте в установках з діафрагменними насосами тиск досягається за рахунок сильного пароутворення в змішувачу теплообмінника. Це призводить до збільшення витрати палива і підвищення температури робочого тіла, що проходить напірним шлангом, що, у свою чергу, підвищує вимоги до термостійкості напірних шлангів.

Перегрітий паровий струмінь в установках з діафрагменним водяним насосом не має підвищеної очищувальної здатності порівняно з пароводяним струменем. До того ж у цих установках струмінь, що виходить із насадки, робить багато шуму, і створюється парова завіса, чого немає в установках із плунжерними насосами.

Поршневі і плунжерні насоси забезпечують багаторежимність роботи пароводоструминних установок: холодна вода з тиском 10–20 кгс/см², гаряча вода (40–95 °C) – 10–20 кгс/см², пароводяна суміш (95–100 °C) – 5–10 кгс/см². Це розширює їхні можливості та забезпечує їм більш широке застосування.

Випробування імпортованих установок показали, що продуктивність їх при постійному тиску пропорційна обсягу мийної рідини.

Максимальний тиск струменя мийної рідини досягається за відстані 5-20 см від сопла до поверхні, що очищується. Зі збільшенням відстані відбувається різке зниження тиску.

Під час очищення машин від масла, консистентних змащень, вуглецевих відкладень і консерваційних покриттів слід застосовувати мийні засоби. Короткочасність процесу очищення і низька концентрація мийних засобів у розчині, а також конструкції пароводоструминних установок ставлять певні вимоги до мийних засобів.

По-перше, мийні засоби під час проходження через змійовик теплообмінника не мають утворювати накипу; допускається лише утворення пухкого шламу, що легко видаляється. За відкладення накипу на стінках змійовика знижується пропускна здатність і к.к.д. теплообмінника, що призводить до зниження потужності і температури струменя. Для запобігання утворенню накипу потрібно уникати застосування мийних засобів із значним вмістом силікатів (метасиліката натрію, рідкого скла).

По-друге, мийні засоби мають здатність швидко змочувати і емульгувати забруднення, а також давати рясну піну. Рясне піноутворення під час пароводоструминного очищення підвищує емульгуючу дію розчину та знижує його розбризкування у разі взаємодії з поверхнею, що очищується.

Застосування мийних засобів вдвічі скорочує час очищення на пароводяному режимі та на режимі гарячої води, а також в 1,5-2 рази знижує вартість очищення.

Витрата мийних засобів дозується залежно від виду і забрудненості поверхні в межах 1-5 г/л.

Під час очищення забруднених пофарбованих поверхонь варто мати на увазі, що потрібно обережати лакофарбові покриття від руйнування. Це досягається застосуванням відповідних мийних засобів і режимів очищення.

Поверхні, що мають корозію або налип, пароводяним струменем не очищаються.

Особливу цінність здобуває пароводоструминне очищення під час підготовки до фарбування поверхні у дрібносерійному виробництві та великогабаритних виробів.

Гідроабразивний спосіб очищення об'єктів, що ремонтуються. Гідроабразивний спосіб очищення відрізняється від водоструминного способу тим, що в струмінь води вводять спеціальні абразиви; при цьому основним енергоносієм є стиснене повітря, яке захоплює абразивну рідину й з великою швидкістю викидає її на поверхню, що очищується.

Рідина складається з абразивного матеріалу, що перебуває в ній у зваженому стані.

Як абразив для приготування водно-піщаної суспензії застосовують кварцовий пісок, окис алюмінію, карбід бору і кремнію з розміром часток 0,8–1,0 мм.

Карбіди бору і кремнію є дефіцитними та дорогими матеріалами, тому в більшості випадків застосовують кварцовий пісок замість його у воді в співвідношенні від 1:2 до 1:6 (за об'ємом). Вміст абразиву обмежується труднощами транспортування водно-піщаної суспензії з високою концентрацією твердої складової, зменшення ж останньої різко знижує продуктивність процесу.

Установки для гідроабразивного очищення металевих поверхонь можна розділити за способом подавання абразивної рідини:

1) на установки, що працюють за принципом ежектування абразивної суміші (установки пневмоежекційного типу);

2) на установки, що працюють за принципом видавлювання абразивної суміші стисненим повітрям;

3) на установки, що працюють за принципом подавання абразивної суміші відцентровим або поршневым насосом;

4) на установки, що працюють за принципом роздільного подавання суміші повітря з піском і води до сопла.

Робота установок, заснованих на принципі ежектування абразивної суміші, полягає в тім, що в бункер з мішалкою 14 (рис. 2.21) заливають воду та у певній пропорції засипають абразив.

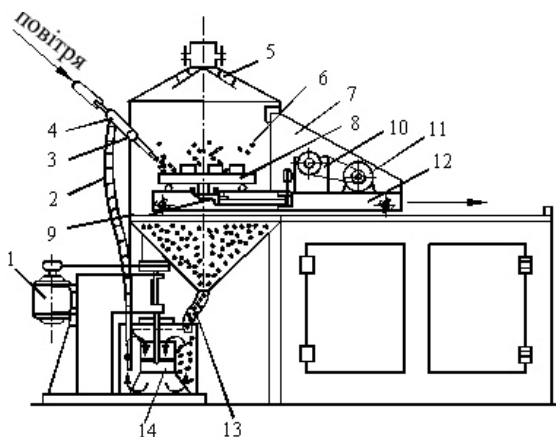


Рис. 2.21. Установка, що працює за принципом ежектування абразивної суміші:

1 і 11 – електродвигуни; 2 і 13 – шланги; 3 – кульова опора; 4 – струминний апарат; 5 – відбивач; 6 – камера; 7 – кожух; 8 – поворотний стіг; 9 – конічний передавач; 10 – редуктор; 12 – візок; 14 – мішалка

Під час подавання стисненого повітря в струминний апарат 4 у його камері створюється розрядження до 500 мм рт. ст. Завдяки розрядженню абразивна суміш засмоктується з бункера і шлангом 2 надходить до струминного апарата, укріпленого на кульовій опорі 3. Остання дозволяє встановлювати апарат під будь-яким кутом до поверхні деталей, що очищаються, які розміщені на поворотному столі 8.

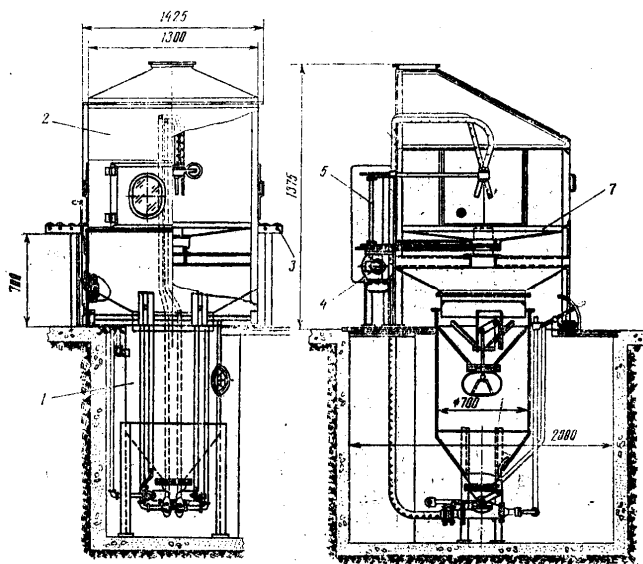
У змішувальній камері струминного апарата абразивна рідина змішується зі стисненим повітрям, що надає рідині додаткову кінетичну енергію. Абразивна рідина, що захоплюється повітрям, вилітає з вихідного сопла струминного апарата зі швидкістю 50–70 м/с. Відпрацьована рідина стікає назад у бункер, і цикл використання абразивної суміші повторюється.

Очищення кісточковою крихтою. Для очищення поверхні деталей від міцних забруднень (нагар, накип і лакові відкладення) широко застосовують метод обдування поверхні кісточковою крихтою. Кісточкова крихта – це дроблена шкаралупа фруктових кісточок, що є відходами підприємств з переробки фруктів. Очищення виконується в апаратах піскоструминного типу. Кісточкова крихта подається на поверхню, що очищується, стисненим повітрям під тиском 3–6 кгс/см². При цьому частки крихти руйнують і видаляють забруднення, не ушкоджуючи поверхні, що очищується. Крихта, що випадково залишилася на деталях, не небезпечна для роботи агрегатів, оскільки вона легко подрібнюється без ушкодження поверхонь. Для нормальної роботи установок і запобігання дробленню крихти повинна мати вологість 15–20%.

Деталі, що надходять на очищення кісточковою крихтою, мають пройти попереднє загальне очищення для видалення легких забруднень. Деталі мають бути сухими, що важливо для збереження нормальної вологості та сипкості крихти. Канали і порожнини деталей потрібно закривати заглушками для попередження забивання крихтою.

Створено різні конструкції установок, для очищення деталей кісточковою крихтою. Основними частинами цих установок (рис. 2.22) є робоча камера 2, бункер 1, сопло 6, механізм керування подаванням крихти і система трубопроводів.

У робочій камері – на столі, транспортері або спеціальній каретці – розміщують деталі, що очищуються. Бункер є резервуаром для крихти, звідки вона стисненим повітрям подається до сопла. Керування соплом і поворот деталі під час очищення здійснюється вручну або механізованим способом. У разі ручного керування в передній стінці робочої камери зроблено отвори для рук оператора зі спеціальними ущільненнями.



**Рис. 2.22. Установка HE-6701-44
для очищення деталей кістчковою крихтою:**

1 – вузол подавання кістчкової крихти; 2 – камера очищення;
3 – рольганг; 4 – привід хитання сопел; 5 – кулісний механізм хитання со-
пел; 6 – сопла; 7 – обертовий стіл

Камера обладнується світильниками та оглядовими вікнами, що дозволяють спостерігати за процесом очищення деталей. Стінки камери зсередини облицьовують м'яким матеріалом (гумою) для запобігання зайвому дробленню крихти і герметизації камери. Для завантаження деталей у передній або бічній стінках зроблено дверцята. До верхньої частини камери приєднаний повітропровід витяжної вентиляції.

Подавання крихти з бункера в струмінь стисненого повітря і до сопла здійснюється переважно двома способами – примусовим і ежекторним.

За примусового способу крихта подається стисненим повітрям, що надходить у герметичний бункер. За такого способу подавання крихти бункер розміщують під робочою камерою, нижче рівня підлоги.

Ежекторне подавання крихти здійснюється під дією розряження, що утвориться в пістолеті під час виходу з його центрального каналу стисненого повітря. У цьому випадку бункер розташо-

вується над рівнем підлоги, будучи водночас збірником крихти. Це дозволяє спростити конструкцію установки. Однак цей спосіб чутливий до зміни тиску повітря: за тиску нижче $3,5 \text{ кгс/см}^2$ ефективність очищення знижується.

Продуктивність процесу очищення крихтою залежить від тиску повітря і діаметра сопла. За ежекторного способу подавання тиск має бути $4\text{--}6 \text{ кгс/см}^2$, примусового способу – $3\text{--}5 \text{ кгс/см}^2$. Збільшення тиску викликає підвищення витрати крихти, тому що у разі удару об поверхню вона дробиться. Для більшості установок витрата повітря становить $60\text{--}120 \text{ м}^3/\text{год}$.

Внутрішній діаметр сопла має бути не менш ніж втричі більше розміру великої крихти. Довжина сопла не впливає на продуктивність очищення. Профіль сопла виконується із циліндричним розширенням до кінця. Практично циліндрична частина сопла може мати діаметр $4\text{--}8 \text{ мм}$.

Швидкість очищення залежить від кількості крихти в суміші її з повітрям, відстані сопла до поверхні деталі, кута його нахилу і характеру забруднень. Кількість крихти в струмені регулюється спеціальними пристроями. Відстань сопла до деталі вибирається в межах $50\text{--}100 \text{ мм}$, а його нахил – $75\text{--}90^\circ$. Швидкість очищення становить $2\text{--}4 \text{ м}^2/\text{ч}$.

Установки для очищення кістчковою крихтою мають бути обладнані системою витяжної вентиляції, що включає фільтри для очищення повітря перед виходом його в атмосферу. Як фільтри використовуються циклони або горизонтальні пиловловлювачі. Вентиляційна система має забезпечувати відсмоктування повітря з робочої камери в кількості $3000 \text{ м}^3/\text{год}$.

Очищення деталей у розплавах солей і лугів. Очищення деталей у розплавах солей і лугів широко застосовують у машинобудуванні й металургії, насамперед для видалення окалини і пригару.

Для хіміко-термічного очищення деталей можна рекомендувати такий склад розплаву: NaOH – $60\text{--}70\%$, NaNO_3 – $35\text{--}25\%$ і NaCl – 5% . Очистну здатність цього складу залежно від температури показано на рис. 2.23.

Ступінь руйнування накипу росте до температури $320\text{--}340^\circ\text{C}$, а потім стабілізується. Це служить підтвердженням того, що кінетика гетерогенних реакцій розплаву з накипом визначається явищами хімічної взаємодії. Інтенсивність видалення нагару обумовлена температурою розплаву й залежно від неї змінюється за експонентним законом. Отже, взаємодія компонентів з нагаром визначається явищами дифузії в розплаві, які, як відомо, характеризуються експонентною залежністю від температури.

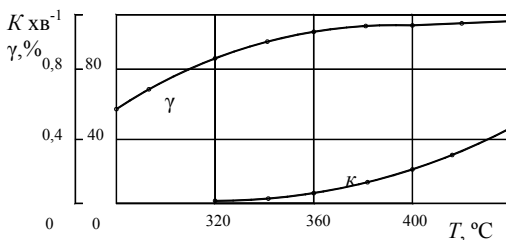


Рис. 2.23. Вплив температури розплаву на ступінь видалення накипу γ і інтенсивність видалення нагару K

Робочий діапазон температур розплаву перебуває у межах 400 ± 10 °С. При цьому на очищення деталей автотракторних двигунів потрібно 5–15 хв. Якщо в оброблюваній партії переважають деталі з відкладеннями накипу, температуру розплаву варто знизити до 340–350 °С. У разі очищення деталей переважно з відкладеннями нагару температуру розплаву можна підвищити до 420 °С, а для деталей із сірого чавуну — до 450 °С. Температура понад 450 °С недоцільна, тому що призводить до зміни фізико-механічних властивостей деяких деталей.

Обробка в розплаві з температурою до 450 °С не викликає деформації, зміни мікроструктури й фізико-механічних властивостей більшості деталей. Виняток становлять термічно оброблені гільзи циліндрів двигунів, а також деталі з термозміцнених алюмінієвих сплавів, механічні властивості яких після обробки в розплаві знижуються до неприйняттого рівня.

Процес очищення деталей автотракторних двигунів від нагару і накипу в розплаві солей відрізняється від усіх відомих у цей час методів високою продуктивністю, одночасним і повним видаленням нагару і накипу, а також інших забруднень, включаючи пригар і продукти корозії.

Видалення забруднень за допомогою ультразвуку. Гарні результати для очищення деталей паливної апаратури, гідросистем, карбюраторів, вальниць кочення та інших деталей досягаються ультразвуковою обробкою в спеціальних ваннах з мийним розчином. Поширення ультразвукових коливань у рідині супроводжується фізико-механічними і хімічними явищами. Складний характер потужних ультразвукових полів, що створюють у рідині широкий амплітудно-частотний спектр механічних коливань, призводить до виникнення в ній низки гідродинамічних явищ, які і визначають механізм видалення забруднень.

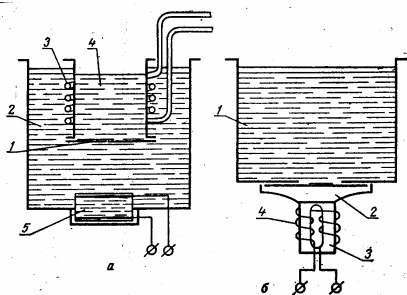


Рис. 2.24. Схеми ванн для ультразвукового миття:

а – з п'єзокварцовим випромінювачем
1 – діафрагма; 2 – проміжне середовище (трансформаторне масло); 3 – нагрівальний змійовик; 4 – ванна з мийним розчином; 5 – п'єзокварцовий випромінювач; *б* – з магнітострикційним випромінювачем; 1 – мийний розчин; 2 – трансформатор ультразвукових коливань; 3 – перетворювач; 4 – обмотка

процесу очищення об'єктів ремонту.

Існує кілька методів контролю очищення, які залежать від рівня забруднення деталей після очистки і висоти мікронерівностей їх поверхонь. Під час макроочищення (видалення забруднень, які заважають розбиранню, дефектації та механічній обробці) видаляють всі види забруднень до рівнів, обумовлених шорсткістю поверхні, нехтуючи забрудненістю у западинах мікронерівностей. Під час мікроочистки із западин шорсткої поверхні видаляють сліди забруднень, які залишилися після макроочищення, а також легкі технологічні забруднення. Від мікроочищення залежить якість складання, надійність і ресурс об'єкта ремонту, а під час фарбування — адгезія лакофарбового покриття. Такий розподіл очисних операцій на макро- і мікроочищення економічно доцільний.

Після макроочищення застосовують ваговий метод контролю. Зважуванням деталей на аналітичних вагах до і після знімання забруднень розраховують забрудненість поверхні.

Допустима залишкова забрудненість поверхні після макроочищення: для шорсткості поверхні $Rz40$ становить — $1,25 \text{ мг/см}^2$, для $Rz40 - Ra2,5$ — до $0,70 \text{ мг/см}^2$ і для $Ra1,25 - Ra0,32$ — $0,25 \text{ мг/см}^2$.

Схеми ванн для ультразвукової мийки показано на рис. 2.24.

У практиці ультразвукового очищення використовуються ультразвукові коливання з частотою 20 кГц великої потужності, що створюють нерегулярне поле з розривами суцільного середовища. Коливання створюються кварцовим або магнітно-стрікційним перетворювачем. Принцип першого полягає у використанні п'єзоефекту кварцу та деяких керамік, а іншого — у зміні довжини пластин перетворювача під дією магнітного поля.

Контроль якості очищення деталей виконується періодично відповідно до прийнятого технологічного

Під час складання допускається забрудненість не більше 0,10–0,15 мг/см², а перед фарбуванням — не більше 0,005 мг/см².

Поверхню деталей з шорсткістю *Ra*1,25 і вище контролюють люмінесцентним способом, який ґрунтується на властивості масел світитися під впливом ультрафіолетового проміння. За величиною плям, що світяться, визначають ступінь забрудненості поверхні. Для цього є спеціальні прилади.

Для деталей з шорсткістю *Ra*0,63 і вище використовують спосіб, за якого деталь занурюють у холодну дистильовану воду. У випадку наявності на поверхні деталі забруднення понад 0,01 г/см² водяна плівка після винуювання миттєво розривається, а за 0,005 г/см² розрив плівки настає через 4–7 с.

2.6. Дефектація деталей

Мета дефектації деталей — визначити їх технічний стан під час надходження машин і агрегатів в ремонт.

Для прийняття об'єктивних рішень відносно подальшого використання деталей керуються нормативно-технічними документами для цього виду і об'єкта ремонту. Порівняння фактичних (виміряних або визначених іншими методами) і нормативних значень параметрів стану дозволяє виявити наявність дефекту деталі (звідси термін «дефектація деталей»).

У нормативних документах (технічних вимогах на дефектацію) зазначені два види оцінюваних параметрів, тобто критеріїв технічного стану деталей: критерій допустимості подальшого використання деталі, який забезпечує ресурс до наступного ремонту, і критерій граничного стану, за якого деталь не може бути встановлена на машину. Таку деталь ремонтують (відновлюють), якщо це технічно можливо і економічно доцільно, або замінюють запасною.

Отже, у процесі дефектації деталі сортують на групи, які визначають технологічні потоки деталей: деталі, придатні для подальшого використання у процесі ремонту машин; деталі, які відправляють на ремонт; непридатні деталі, які утилізують. У деяких випадках у технічних нормативних документах першу групу деталей розбивають на дві підгрупи: деталі, придатні у sprzęженні тільки з новою (або відновленою) деталлю, і деталі, придатні у sprzęженні з частково зношеною. Такий підхід передбачає можливість використання тих деталей, які за величиною зносу вже не відносяться до придатних для sprzęжень із зношеними деталями, але у sprzęженні з новими деталями ще забезпечують допустимі значення зазору у з'єднанні. Наявність такої додаткової групи деталей деякою мірою збільшує кіль-

кість деталей, які не потребують затрат на ремонт, але при цьому ускладнюється організація технологічних потоків і комплектування деталей.

В умовах ремонтного виробництва деталі, придатні для ремонту, також можуть бути розділені на дві частини: ті, які ремонтують на самому підприємстві, і ті, що відправляють на спеціалізоване підприємство.

Деталі після дефектації маркують фарбою: придатні — зеленою; придатні у sprzęженні з новими або відновленими деталями — жовтою; деталі, що підлягають ремонту на даному підприємстві — білою; на спеціалізованих ремонтних підприємствах — синьою; непридатні — червоною.

Важливим завданням, особливо для великих ремонтних підприємств, є накопичення інформації про результати дефектації і сортування деталей з метою удосконалення організації ремонту. Для всіх груп відсортованих деталей цієї марки машин за накопиченою інформацією визначають коефіцієнти придатності (K_n), відновлення (K_v) і змінності (K_z). Вони характеризують кількість придатних деталей, що підлягають ремонту, і непридатних деталей відносно всіх однойменних деталей, які пройшли дефектацію:

$$K_n = \frac{n_n}{N}; K_v = \frac{n_v}{N}; K_z = \frac{n_z}{N}; N = n_n + n_v + n_z \quad (2.29)$$

де n з індексами « n », « v » і « z » — відповідно кількість деталей придатних, що потребують відновлення і непридатних (замінних). Важливими для спеціалізованих ремонтних підприємств є коефіцієнти повторності дефекту K_{nd} , які визначають відношенням кількості деталей одного найменування з цим дефектом n_{di} до загальної кількості ремонтпридатних деталей n_v :

$$K_{ndi} = \frac{n_{di}}{n_v} \quad (2.30)$$

Маючи дані про коефіцієнти повторності дефектів деталей, можна значно точніше оцінювати необхідність трудових і матеріальних витрат на відновлення деталей як під час проектування, так і в процесі функціонування ремонтного підприємства, а отже, впливати на скорочення витрат виробництва.

Для реалізації завдань дефектації використовують такі методи: органолептичні, інструментальні за геометричними параметрами і виявлення прихованих дефектів.

Органолептичні методи дефектації ґрунтуються на оцінюванні технічного стану деталей за допомогою органів чуття і виконуються:

- зовнішнім оглядом, за допомогою якого виявляють видимі

пошкодження і зміни початкової форми деталі (тріщини, пробоїни, обломи, викришування, раковини, задири, жолоблення, пошкодження різьб);

- обстукуванням — на слух (за деренчливим або глухим звуком) визначають малопомітні тріщини, ослаблення заклепок рам, зазори у нерухомих з'єднаннях деталей;

- випробуванням вручну — визначають, наприклад, придатність різьб закручуванням і відкручуванням болта або гайки, заїдання у вальниць кочення провертанням їхнього внутрішнього або зовнішнього кільця, вільність переміщень деталей рухомих з'єднань.

Всі ці способи дефектації у багатьох випадках не дають можливості дійти остаточного висновку про технічний стан об'єктів дефектації, оскільки вони мають суб'єктивний характер.

Інструментальні методи дефектації за геометричними параметрами передбачають визначення дійсних розмірів зношених деталей, похибок їх форми і взаємного розміщення осей і поверхонь, а також зазорів у спряженнях. Для цього використовують універсальні і спеціальні вимірювальні засоби. Крім того, застосовують калібри і шаблони, які відносять до контрольних, а не вимірювальних засобів, оскільки визначають лише відповідність геометричних параметрів технічним вимогам, а не їх дійсні значення.

Вимірювання під час дефектації виконують у місцях максимального зношування за найменшим значенням розміру вала й найбільшим значенням отвору.

До універсальних вимірювальних засобів належать: штангенінструменти; мікрометричні, індикаторні, важільно-механічні, оптико-механічні і оптичні інструменти.

До спеціальних засобів дефектації належать різні індикаторні пристрої для перевірки згину валів, згину і скрученості шатунів, неспіввісності гнізд корінних вальниць, радіальних зазорів у вальницях кочення, пружності поршневих кілець і пружин тощо.

Вимірювальні засоби мають певні метрологічні характеристики. До основних з них з огляду на вибір вимірювального інструмента для конкретного об'єкта вимірів відносять межі вимірювань, ціна поділки і гранична похибка вимірювання. Вибір вимірювального засобу залежить від співвідношення між допуском на допустиме зношування δ_s (а не допуском на розмір) і граничною похибкою інструмента Δ_{lim} (за довідковими даними). Щоб імовірність вибракування придатної деталі або пропуску непридатної була допустимо мала, має зберігатися відношення:

$$\Delta_{lim} \leq K \delta_s, \quad (2.31)$$

де K – коефіцієнт точності методу вимірювання, який приймають рівним 0,25–0,30.

Під час дефектації допуск δ визначається як різниця між середнім за креслеником і допустимими під час ремонту розмірами.

Калібри для дефектації використовують не з двома граничними межами, як у випадку виготовлення або відновлення деталей, а з однією, прохідні, налагоджені тільки на допустимий розмір. Можливе застосування калібрів з двома межами, якщо, наприклад, один бік налагоджений на допустимий розмір у з'єднанні з новою деталлю, а другий — на розмір, допустимий з деталлю, яка була у експлуатації, при цьому деталі сортуватимуться на дві групи.

Для контролю отворів під час виготовлення (відновлення) застосовують повні пробки, а за дефектації — неповні або у вигляді нерегульованих нутромірів. Такі конструкції калібрів дозволяють уникнути помилок, зв'язаних з нерівномірністю зношення внутрішніх поверхонь (повна пробка може пропустити непридатну деталь, оскільки не ввійде в отвір меншого розміру нерівномірно зношеної поверхні, хоча її більший розмір вийшов за межі допустимого).

Методи виявлення прихованих дефектів. Для визначення тріщин від втомленості (у колінчастих валах, шатунах, важелях поворотних кулаків, кульових пальцях рульових тяг тощо), тріщин від силових і теплових навантажень (у блоках і головках циліндрів) та дефектів зварних швів застосовують фізичні методи дефектоскопії (магнітної, капілярної, ультразвукової, гідравлічної і пневматичної).

Порівняльна характеристика і сфери застосування методів дефектоскопії в експлуатації і під час ремонту машин. Дефектоскопічний контроль в умовах експлуатації і під час ремонту має особливості, через які неможливо, за деяким винятком, для його проведення використовувати методики, вживані для контролю деталей під час виробництва. Ці особливості полягають в такому:

- контролю піддаються деталі, що були в експлуатації, на поверхні яких є лакофарбові покриття, окисні плівки, різні відкладення (нагар, забруднення), механічні пошкодження (забоїни, риси, корозійно-ерозійні пошкодження);
- на одному типі техніки контролюють деталі, що відрізняються матеріалами і формою;
- виявленню підлягають переважно втомні тріщини і корозія;
- деталі, що їх перевіряють, знаходяться в нероз'ємних вузлах, інколи у важкодоступних місцях.

Порівняно з контролем в промисловості перед контролем в експлуатації потрібно проводити підготовчі роботи, великої трудомісткості – частковий демонтаж, видалення захисних покриттів, забруднень.

Технічні засоби експлуатаційного контролю машини мають задовольняти таким вимогам:

- універсальність застосування;
- портативність, мала маса, транспортабельність;
- простота в обігу, висока надійність;
- автономність живлення електричної мережі, якщо вона використовується.

Сьогодні в експлуатації і під час ремонту машин широко застосовують такі методи неруйнівного контролю:

- оптико-візуальний;
- капілярний;
- магнітопорошковий;
- ультразвуковий.

Оптико-візуальний метод, порівняно з іншими, має низьку чутливість і достовірність під час визначення дефектів. Він дозволяє виявити розкриті тріщини (завширшки 0,1–0,01 мм) знос, корозію, ерозійні пошкодження, пробіїни, обриви, залишкову деформацію, нагар, течу в системах.

Капілярні методи застосовують на будь-яких матеріалах, за винятком пористих. Вони дозволяють контролювати деталі складної форми по всій поверхні відразу, відрізняються високою чутливістю, наочністю результатів, за якими можна встановити місце розташування дефекту та його протяжність. Дозволяє знімати дефектограми або фотографувати малюнок дефекту.

Магнітопорошковий метод є основним для контролю деталей з магнітних сталей. Він дозволяє виявляти поверхневі і підповерхневі дефекти. Він відрізняється високою чутливістю і достовірністю, простою і універсальністю методик контролю (за результатами контролю можна точно встановити місце і протяжність дефекту), дозволяє фотографувати малюнок дефекту або знімати дефектограму.

Ультразвуковий метод знаходить все більш широке застосування і виступає як основний метод контролю. Цим методом перевіряють будь-які деталі, виготовлені з будь-яких матеріалів (за винятком гум і композитів). Метод дозволяє з високою чутливістю виявляти поверхневі, підповерхневі і глибинні дефекти, маючи високу продуктивність. Проте вимагає високого рівня підготовки фахівців і вживання складних методик контролю.

Оптико-візуальний, капілярний, магнітопорошковий методи є прямими методами контролю, що не вимагають еталону для налаштування дефектоскопа. Дефект спостерігається візуально і можливе його фотографування.

Ультразвуковий, метод контролю є непрямим методом і для налаштування дефектоскопа потребує еталону. Дефект не спостері-

гають візуально, а визначають за непрямим сигналом, спостереження розміщення дефекту і його фотографування неможливе.

Оптико-візуальний метод неруйнівного контролю заснований на використанні законів оптики, тобто законів, віддзеркалення і заломлення променів світла в системах оптичних приладів. У поняття «світло» включають електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі від 0,4 до 0,75 мкм, що сприймається людським оком, а також виміру в інфрачервоній і ультрафіолетовій ділянках спектра. Оптико-візуальний контроль проводять переважно у видимому світлі. оптичні системи приладів утворюють зображення об'єкта, що оглядається, і передають його в око людини.

Із збільшенням можливостей сучасних оптичних приладів істотно скорочується поле зору і зменшується глибина різкості, швидше настає втома людини, а також знижується продуктивність контролю. Тому для огляду деталей здебільшого застосовують оптичні прилади збільшенням до 20–30 разів.

Оптичні прилади застосовують:

- для пошуку поверхневих дефектів і виявлення дрібних тріщин під час капілярного і магнітопорошкового контролю;
- для пошуку течі, негерметичності, місць відкладення нагару.

Оптичні прилади за призначенням розділяють:

- на прилади для контролю близько розташованих об'єктів (лупи, мікроскопи);
- на прилади для контролю прихованих дефектів, огляду внутрішніх поверхонь (ендоскопи).

Бінокулярний зір більш переважний під час оптико-візуального контролю. Він забезпечує правильне сприйняття простору, об'єму і форми об'єктів. Огляд двома очима менш утомливий, ніж одним. Тому вищої ефективності досягають за оптико-візуального контролю із застосуванням бінокулярних приладів, що забезпечують стереоскопічний ефект під час огляду деталей.

Під час контролю близько розташованих об'єктів застосовують лупи і мікроскопи. Щоб збільшити зображення, лупу розміщують поблизу поверхні деталі 1 (рис. 2.25) так, щоб відстань між ними була трохи менше фокусної відстані лупи.

Спостерігач при цьому бачить збільшене пряме уявне зображення 2 деталі, яке виходить на відстані зору ($D=250$ мм), тобто на найменшій відстані, на якій нормальне око чітко бачить предмет. Збільшення лупи Γ приблизно дорівнює:

$$\Gamma = D / f = 250 / f , \quad (2.32)$$

де f – фокусна відстань лупи.

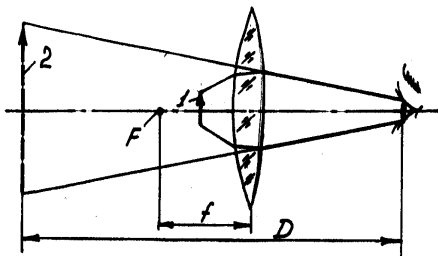


Рис. 2.25. Схема огляду із застосуванням лупи

1 – об'єкт контролю; 2 – уявне зображення;
F – фокус лупи; f – фокусна відстань лупи

Із зростанням збільшення лупи (із зменшенням фокусної відстані) збільшується дозвільна здатність зору, під якою розуміють здатність ока розрізняти близько розташовані крапки. Проте через істотне скорочення поля зору за великих збільшень, зменшення глибини різкості та інші причини контроль деталей переважно проводять за допомогою луп із збільшенням від 2 до 10.

Лупи і мікроскопи дозволяють виявляти відносно крупні дефекти, що мають високий контраст на поверхні деталі, наприклад, розкриті тріщини різного походження, поверхневі корозійні і ерозійні пошкодження та інші дефекти. Під час аналізу характеру дефектів, виявлених кольоровим або магнітопорошковим методом, ці прилади дозволяють відрізняти тріщини від рисок, задирок, сколів окисної плівки, ниткоподібних забруднень.

Деталі і елементи конструкцій, які недоступні прямому спостереженню, оглядають із застосуванням приладів-ендоскопів, жорстких або гнучких.

Порівняно із звичайними телескопічними системами оптична система ендоскопів має задовольняти двом вимогам. У цих приладах хід променів має вигляд ламаних ліній. Проте прилади мають давати пряме, не перевернуте зображення. Це досягається використанням обертальних систем.

Друга вимога полягає в тому, що ендоскоп повинен мати велике поле зору, хоча його оптична система поміщена у вузьку трубку. Цю вимогу можна задовольнити, якщо змусити світло проходити уздовж труби через лінзи. Із збільшенням кількості лінз і зменшенням відстані між ними поле зору ендоскопа збільшується.

Гнучкі ендоскопи містять джгути оптичних волокон діаметром, зазвичай, менше 0,3 мм, що мають світлову жилу з прозорого матеріалу і оболонку з матеріалу з меншим показником заломлення.

Промені світла, що спадають на один торець такого волокна, завдяки повному внутрішньому віддзеркаленню на поверхні розділу

жили і оболонки поширюються уздовж волокна до протилежного торця.

У джгутах, призначених для передачі світла до об'єктів, що оглядаються, оптичні волокна розташовані регулярно та ідентично на обох кінцях. Кожне волокно несе один елемент зображення. На вихідному торці зображення, передане джгутом, виходить мозаїчним. Вигин джгута не порушує зображення, що передається по ньому.

На кінцях джгута ендоскопа встановлюють об'єктив і окуляр, рис. 2.26.

За допомогою рукоятки, розташованої біля окуляра, об'єктивна частина ендоскопа може згинатися. Джгути ендоскопа знаходяться в оболонці або металорукаві.

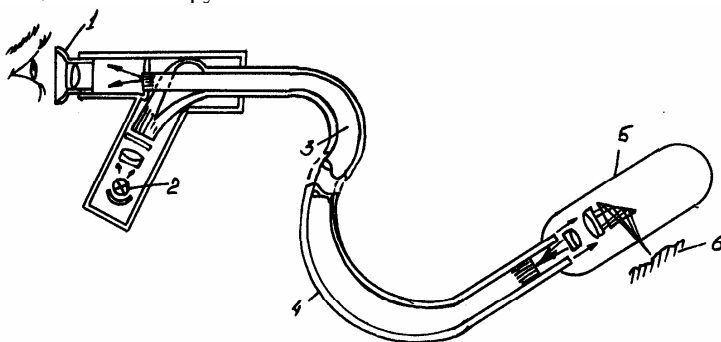


Рис. 2.26. Схема гнучкого ендоскопа

1 – окуляр; 2 – джерело світла; 3, 4 – джгути волокон;
5 – головка об'єктиву; 6 – об'єкт контролю

Як джерело світла застосовується освітлювач, виконаний у вигляді окремого блока, від якого світло в зону огляду подається освітлювальним джгутом.

Вказані прилади використовують для огляду стінок циліндра і камер згоряння у головках циліндрів двигунів внутрішнього згоряння, клапанів, зубів шестерень, внутрішніх поверхонь баків і резервуарів.

Використовуючи оптичні прилади змінного збільшення або контакту приладів різного збільшення, контроль починають з малих збільшень. Це дає можливість вибрати на деталі небезпечну ділянку, оцінити її і виявити крупні пошкодження. Мале збільшення полегшує наведення на різкість і вибір освітлення. Після уточнення місця розташування дефекту огляд повторюють за більшого збільшення.

На ефективність оптико-візуального контролю суттєво впливає освітленість та його спрямованість. За вертикального освітлення деталей можна побачити ризики та інші сліди ковзання на поверхні.

Бокове і похиле освітлення збільшує враження від рельєфу внаслідок появи тіней від нерівностей.

У всіх випадках контролю забезпечують високу освітленість деталей, що оглядаються, приблизно до 4000–5000 лк. Така освітленість деталей є неодмінною умовою ефективного оптико-візуального контролю.

Переваги і недоліки оптико-візуального контролю, сфера застосування

Переваги:

- метод може бути застосований на будь-яких, без обмеження, матеріалах та конструкціях;
- є прямим методом контролю, дефект можна фотографувати і документувати;
- метод простий у використанні.

Недоліки:

- дозволяє виявляти лише поверхневі дефекти;
- має малу чутливість (дозвільну здатність).

Капілярна дефектоскопія. Дефектоскопічні матеріали, особливості їх зберігання і перевірка якості. Контроль деталей кольоровим методом проводять із застосуванням трьох основних дефектоскопічних матеріалів (рис.2.27):

- проникної червоної рідини;
- очищувальної рідини;
- проявної білої фарби.

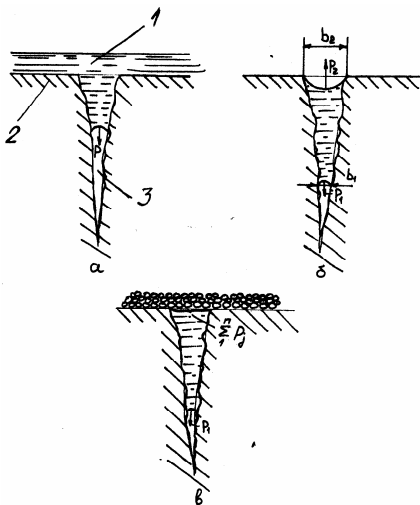
Червона проникна рідина використовується для заповнення порожнин дефектів під дією капілярних сил.

Типовий склад цієї рідини: основа – гас або органічний розчинник. Гас становить 70–80%, решта – мінеральна олива і темно-червоний барвник. Гас можна замінювати сумішшю бензину і мінерального оливи в співвідношенні 40:60. Можливе використання рідин на основі спиртів.

Очищувальна рідина. Склад такої рідини: 70% мінерального масла і 30% гасу. Можливе вживання бензину, дизельного палива, органічних розчинників і спиртів.

Існують очищувальні рідини на основі води: 5% водний розчин кальцінованої соди.

Проявна біла фарба (проявник). Типовий склад проявника: органічні розчинники, спирти в суміші з нітроцелюлозою білою, цинковими білилами.



**Рис. 2.27. Заповнення рідиною
1 порожнини тріщини 3 на поверхні
деталі 2:**

- а* – нанесення червоної проникної рідини;
- б* – видалення червоної проникної рідини;
- в* – нанесення білої проявної рідини

Існують проявники на основі води в суміші з крейдою.

У процесі зберігання вищеперерахованих рідин можуть утворюватися осад і випаровуватися, збільшуючи в'язкість. Тому зберігання таких рідин має бути в тарі, що щільно закривається, і перед використанням ретельно перемішується. Після перемішування рідини проходять контроль на в'язкість. В'язкість визначають за допомогою вискозиметра.

Крім того, якість дефектоскопічних матеріалів перевіряють шляхом їх випробування на здібність до виявлення тріщин на контрольних зразках. Контрольні зразки входять до складу комплексу переносних дефектоскопів.

рольні зразки входять до складу комплексу переносних дефектоскопів.

Технологія кольорового методу контролю складається з таких технологічних операцій: підготовка поверхні деталі до контролю; нанесення червоної проникної рідини на деталь; видалення проникної рідини з поверхні деталі; нанесення білої проявної рідини; витримка деталей для прояву дефектів; огляд деталей і видалення проявної фарби.

Схематично технологія представлена на рис. 2.28.

Підготовка поверхні деталі до контролю. Використання якісних дефектоскопічних матеріалів є необхідною умовою успішного контролю, а правильна підготовка поверхні деталі до контролю – достатньою умовою успішного контролю.

Забруднення, а також лакофарбні покриття на поверхні деталі утрудняють контроль або роблять його неможливим, оскільки заповнюють порожнини тріщин або перекривають їх.

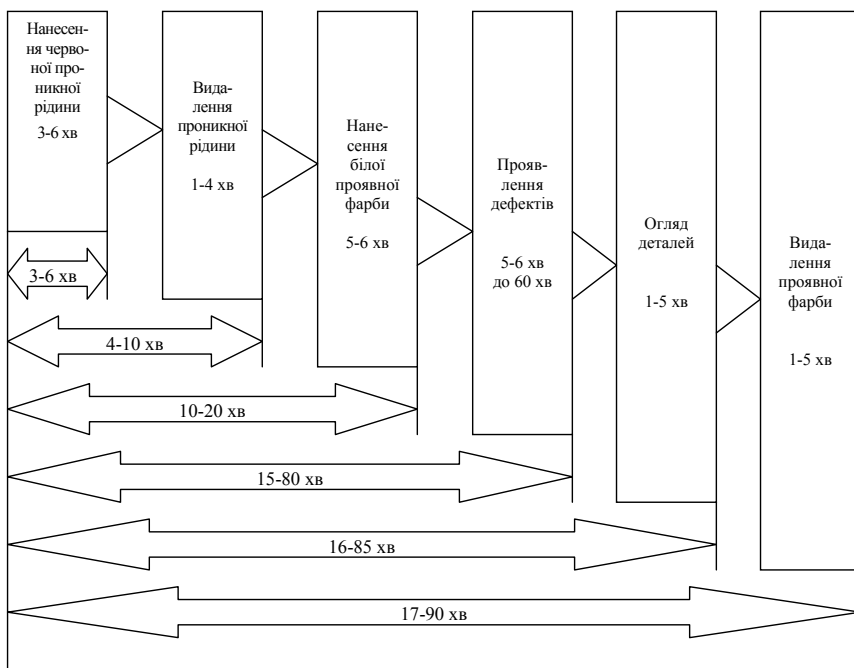


Рис. 2.28. Послідовність контролю деталей капілярним кольоровим методом і допустима тривалість виконання технологічних операцій

Змашувальні матеріали, дизельне паливо, гас і інші рідини, що погано випаровуються, заповнюють порожнини дефектів і перешкоджають заповненню їх проникаючою рідиною.

Для виявлення дефектів методами капілярної дефектоскопії слід застосовувати лише легколеткі розчинники, наприклад, ацетон та бензин.

Лакофарбні покриття видаляють за допомогою органічних розчинників, ацетону або змивок. Набрякле покриття зчищають гумовими шпателями.

Сліди нагару, лакових відкладень і різних смол видаляють за допомогою метиленхлорида, чотирихлористого вуглецю або трихлоретилену.

Сліди корозії на поверхні деталі видаляють хімічним способом – травленням. Реактиви для видалення продуктів корозії вибирають залежно від матеріалу деталі. Для очищення сталі застосовують 3–5%-й розчин сірчаної або соляної кислоти. Для міді – 5–

10%-й розчин суміші сірчаної і азотної кислот. Цинк і алюміній обробляють в 3%-му розчині соляної кислоти.

Добрий результат з видалення всіх видів забруднень дає ультразвукове очищення. Суть такого очищення полягає в тому, що в рідкому середовищі (органічні розчинники або вода) за допомогою ультразвукових коливань збуджуються кавітаційні бульбашки, які, захлопуючись на поверхні деталі, викликають інтенсивне очищення поверхні від всіх видів забруднень.

Забороноюється для очищення поверхні застосовувати механічні способи очищення, такі як: жорсткі металеві щітки, наждачний папір, абразивний інструмент. Вживання вище перерахованих засобів призведе до забивання порожнини дефектів стружкою або до деформації гирла тріщин, що перешкоджатиме проникненню червоної проникної рідини.

Проникненню червоної рідини перешкоджатиме наявність в порожнинах дефектів мастильних матеріалів, дизельного пального, води та льоду. Для їх видалення потрібне нагрівання та витримка деталі за температури випаровування.

Червону проникну рідину наносять на деталь рясним шаром 3–4 рази щіткою або валиком, обливанням або зануренням. Після нанесення кожного з шарів рідини деталь витримують на повітрі 1–2 хвилини. Допускається також наносити проникну рідину однократним зануренням деталей у ванну на 3–5 хвилин.

Видаляють проникну рідину з поверхні деталі відразу після нанесення останнього шару, не допускаючи його висихання. Для цього щіткою, зануренням або іншим способом наносять очищувальну рідину, яку потім видаляють сухою тканиною. Тривалість контакту очищувальної рідини з поверхнею деталі не має перевищувати 5 хвилин. Триваліший контакт або тривале видалення очищувальної рідини призводить до часткового видалення проникної червоної рідини з порожнин дефектів, що знижує чутливість контролю.

Біду проявну фарбу наносять на поверхню деталі м'якою волосяною кистю або фарборозпилювачем не пізніше, ніж через 5 хвилин після видалення проникної рідини. Фарбу наносять в один шар, не допускаючи нанесення повторного шару. Щіткою неможливо нанести рівномірний шар, особливо на поверхню складної форми. Фарборозпилювач немає цих недоліків, при цьому досягається висока чутливість контролю, особливо деталей складної форми.

Після нанесення проявної фарби деталі витримують для прояву дефекту. За температури 18–20 °С через 5–6 хвилин утворюється індикаторний малюнок. Тріщини різного походження проявляються по-різному. На час прояву малюнка значно впливає температура. Із збільшенням температури час прояву дефектів зменшується.

За зниження температури час прояву може збільшуватися до однієї години.

Огляд деталей і видалення проявної фарби. Після прояву дефектів деталі оглядають для виявлення індикаторного малюнка за високої освітленості в зоні контролю. Деталі в конструкції машин освітлюють переносною лампою.

Оглядають деталі в два етапи: 1 – загальний огляд поверхні для пошуку індикаторного малюнка; 2 – аналіз малюнка. Загальний огляд проводять неозброєним оком або із застосуванням луп.

За особливостями червоного індикаторного малюнка і його місцем на деталі можна визначити вигляд дефекту. Малюнки можна фотографувати і документувати. У зв'язку з цим цей метод дефектації є прямим методом контролю, що не вимагає еталону для налаштування дефектоскопа.

Після огляду деталей проявну фарбу видаляють з поверхні ацетоном, розчинником або іншими розчинниками нітрофарб або лаків.

Результати контролю кольоровим методом залежать від правильності виконання кожної технологічної операції.

Найбільш важливою операцією, від якої залежить якість контролю, є очищення поверхні і підготовка деталі до контролю.

Типові помилки під час контролю кольоровим методом:

- не до останку видаляються лакофарбові покриття і забруднення;
- застосовуються механічні способи очищення покриттів і забруднень, що погано видаляються;
- для промивання деталей перед нанесенням червоної проникної рідини застосовують рідини з поганою випаровуваністю;
- застосовують некондиційні дефектоскопічні матеріали-рідини;
- деталі для виявлення дефектів оглядають відразу ж після нанесення білої проявної фарби, коли процес прояву тріщин знаходиться в початковій стадії.

Техніка безпеки, робоче місце і обладнання. Контроль деталей кольоровим методом проводять на стаціонарних робочих місцях. Стаціонарне місце обладнується вентиляцією. Для освітлення застосовують люмінесцентні лампи денного світла або лампи розжарювання, що мають розсіювачі світла.

Вентиляція робочого місця має бути влаштована так, щоб пари розчинників і фарби не потрапляли в приміщення і зону дефектоскопіста. Найчастіше застосовують місцеве відсмоктування.

Робоче місце забезпечують стислим повітрям для живлення фарборозпилювача. Для огляду деталей застосовують набір луп різного збільшення.

Всі роботи слід проводити в спецодязгу (халати, фартухи, рукавички). Для захисту рук потрібно застосовувати спеціальні захисні мазі або паливомастилюстікі рукавички.

Використаний обтиральний матеріал і відпрацьовані реактиви слід прибирати з робочого місця щодня.

Під час роботи з дефектоскопічними матеріалами слід чітко дотримуватися заходів пожежної безпеки. У робочій зоні контролю категорично забороняється палити та застосовувати відкритий вогонь. Для запобігання появи іскри під час роботи з рідинами не допускається зіткнення сталевих деталей.

Всі особи, допущені до виконання робіт з контролю, обов'язково проходять інструктаж з техніки безпеки.

Особливості люмінесцентного контролю. В основу люмінесцентного контролю покладено розглянуті вище фізичні явища змочуваності і капілярного ефекту.

Технологія застосування цього методу складається з таких етапів.

1. Підготовка поверхні до контролю. Поверхню готують відповідно до всіх вимог для кольорового контролю, викладених вище.

2. Нанесення проникної рідини. Проникна рідина – це рідина складу гас і розчиненого в ньому люмінесцентного порошку. Рідину наносять щіткою в 3–4 шари, зануренням або обливанням і витримують 3–5 хвилин для проникнення в дефекти.

3. Видалення проникної рідини. Рідина видаляється за допомогою сухої тканини або обдуванням теплим стислим повітрям.

4. Огляд деталей і виявлення дефектів. Огляд проводять під ультрафіолетовою лампою в темній кімнаті або в темний час доби, якщо контроль проводять на техніці. Проникна рідина, що знаходиться в дефектах, починає світитися яскраво-зеленим або яскраво-синім світленням, вказуючи на розташування дефекту.

Цей метод контролю за часом вполовину коротше, ніж кольоровий метод, і тому продуктивніший. Однак при цьому утруднено фотографування і документування місце розташування і малюнка дефекту.

Переваги і недоліки капілярних методів, сфери застосування.

Переваги:

- може застосовуватися на будь-яких матеріалах і конструкціях за винятком пористих і схильних до розчинення органічними розчинниками;
- має високу чутливість;
- простий у застосуванні;
- є прямим методом контролю, дефекти можна фотографувати і документувати.

Недоліки:

- потребує ретельної підготовки поверхні;
- має великий час контролю;
- утруднений контроль за низьких температур;
- дозволяє виявляти тільки поверхневі дефекти.

Магнітопорошковий метод неруйнівного контролю. Фізична сутність намагнічування матеріалів і магнітопорошкового методу. Магнітопорошковий метод засновано на виявленні магнітних полів розсіяння над дефектами за допомогою феромагнітних часток. Якщо кабелем 2, рис. 2.29а, що проходить через порожнисту деталь 1, пропустити електричний струм, то магнітний потік, який виникає, замкнеться на деталі. У місцях тріщин він виходить за межі деталі, утворюючи неоднорідне магнітне поле розсіяння 4 і місцеві магнітні полюси N і S. Найбільша щільність магнітних силових ліній спостерігається безпосередньо над тріщиною (або іншою нецільністю) і зменшується з віддаленням від неї.

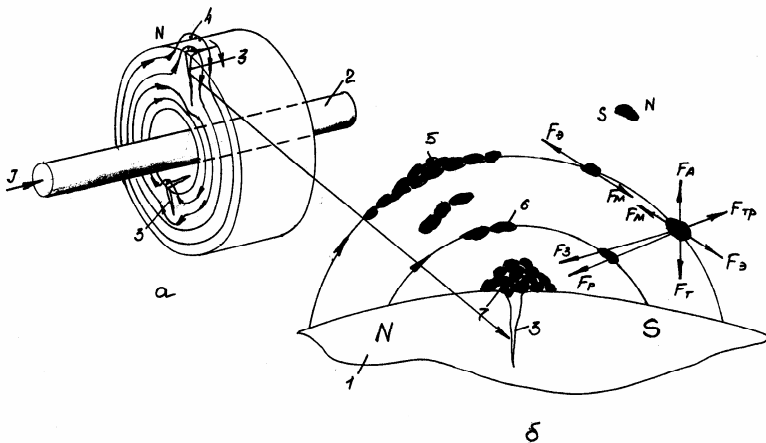


Рис. 2.29. Схема утворення магнітного поля розсіяння над тріщиною (а) і сил, що діють на частку в полі розсіяння (б):
1 – деталь, 2 – кабель, 3 – тріщини, 4 – поле розсіяння, 5, 6 – ланцюжки з порошку, 7 – порошок над тріщиною

На рис. 2.29б також показано схему виникнення магнітного поля розсіяння над дефектом. Магнітні силові лінії розподіляються головним чином на магнітному матеріалі. Магнітний потік, проходячи через бездефектну частину, деталі не змінює свого напрямку. Але якщо на шляху магнітного потоку зустрінеється дефект, тобто перешкода з малою магнітною проникністю, то він спричинить

спотворення напряму магнітного поля, наведеного в деталі. Магнітні силові лінії в місцях знаходження дефектів змінять напрямок і частина з них вийде за межі деталі, тобто створюється магнітне поле розсіювання. Це явище можна представити ще і таким чином, що на краях дефекту виникають магнітні полюси, що створюють магнітне поле розсіювання.

Розмір дефекту, що можна виявити, залежить від напруженості поля розсіювання, обумовленого дефектом. Напруженість поля розсіювання швидко падає із збільшенням глибини залягання дефекту під поверхнею.

Для виявлення нецільності на поверхню деталі наносять магнітну повітряну суміш (сухим способом) або рідину (мокрим способом). На частку в полі розсіювання діятимуть сила поля розсіювання F_3 (рис. 2.29б), спрямована у ділянку найбільшої щільності магнітних силових ліній, тобто, до місця розташування тріщини; сила тяжіння F_T , сила виштовхувальної дії рідини F_A , сила тертя $F_{тр}$, а також сили електростатичної $F_Э$ і магнітної взаємодії F_m , що виникає між частками. У магнітному полі частки намагнічуються і з'єднуються в ланцюжки 5 і 6. Під дією сумарної сили F_p частки притягуються до тріщини і накопичуються над нею, утворюючи скупчення порошку – індикаторний малюнок. За виглядом порошку, що осів, судять про характер несцільності і приймають рішення про бракування деталі.

Магнітні порошки, паста і суспензії. Для контролю деталей зі світлою поверхнею використовують порошок окису – закису заліза Fe_3O_4 чорного або коричневого кольору. Розмір основної маси часток порошку не перевищує 30 мкм.

Під час контролю деталей з темною поверхнею застосовують гас і мінеральне масло, можлива заміна гасу на бензин або дизельне паливо.

Типові склади суспензій:

- гас + 5...10 г/л порошку;
- 50% гасу + 50% мастила + 20-25 г/л порошку;
- дизельне паливо + 15-20 г/л порошку;
- 30% бензину + 70 % мастила + 20-30 г/л порошку.

Для обмеження коагуляції в суспензію з чорним порошком додають невелику кількість поверхнево-активних речовин (ПАР). Через запобігання злипанню частинок значно збільшується стійкість суспензії і підвищується надійність виявлення дефектів. Перед застосуванням магнітної суспензії потрібно ретельно перемішати дисперсійне середовище і порошок через швидке осадження останнього.

Технологія застосування магнітопорошкового методу

Підготовка деталі до контролю. Перед контролем з деталей видаляють забруднення, продукти корозії та нагар. Лакофарбові покриття завтовшки до 30 мкм дозволяється не знімати, оскільки воно не матиме впливу на поле розсіювання і притягнення порошку. Із збільшенням товщини немагнітного покриття, рис. 2.30 чутливість методу зменшується.

Це пояснюється тим, що напруженість поля розсіювання над дефектом швидко зменшується за віддалення від поверхні деталі. На відстані 100 мкм зтягуюча сила, що діє на частинки, стає настільки незначною, що частинки практично не притягуються до дефекту.

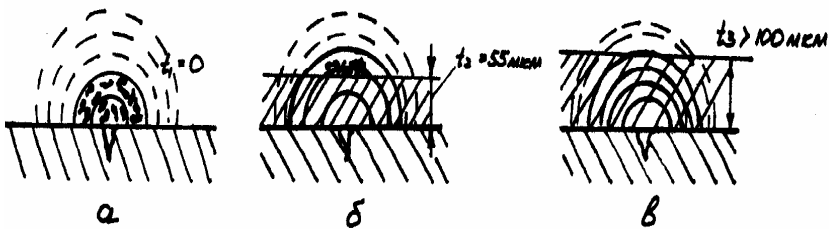


Рис. 2.30. Вигляд осадження порошку над тріщиною:

а – без покриття; *б* – з покриттям завтовшки 50 мкм; *в* – з покриттям завтовшки 100 мкм

Товсті лакофарбні покриття знімають змиванням або органічними розчинниками.

Для видалення слідів корозії та покриттів дозволяється вживання наждачного паперу. Оскільки магнітопорошковий метод дозволяє визначити поверхневі і підповерхневі дефекти, що знаходяться на глибині до 1 мм, то якщо проходить заповнення тріщин металевою стружкою або іншими забрудненнями, а також деформація гирла тріщини, це на контроль не впливає. Єдина умова – наждачний папір не має залишати грубих подряпин на поверхні, біля яких може скупчуватися порошок і вказувати на можливий дефект.

Для забезпечення контролю деталей з темною поверхнею, з метою збільшення контрасту, на неї наносять з фарборозпилювача шар білої фарби, завтовшки 5–10 мкм. Підфарбовування полегшує також контроль деталей з грубо обробленою поверхнею або з слідами корозії.

Технологія застосування магнітопорошкового методу. Необхідною умовою для виявлення дефектів є розташування магнітних полів розсіювання відносно дефекту. Для якісного контролю необхідно,

щоб силові лінії магнітного поля розташовувалися перпендикулярно відносно дефекту або під кутом не менше 30° . У разі орієнтації силових ліній паралельно дефекту утворення полів розсіяння на поверхні мінімальне, а отже, виявлення дефектів неможливе.

Тому під час магнітопорошкового контролю застосовують полюсне (подовжнє), циркуляційне і комбіноване намагнічування (рис 2.31).

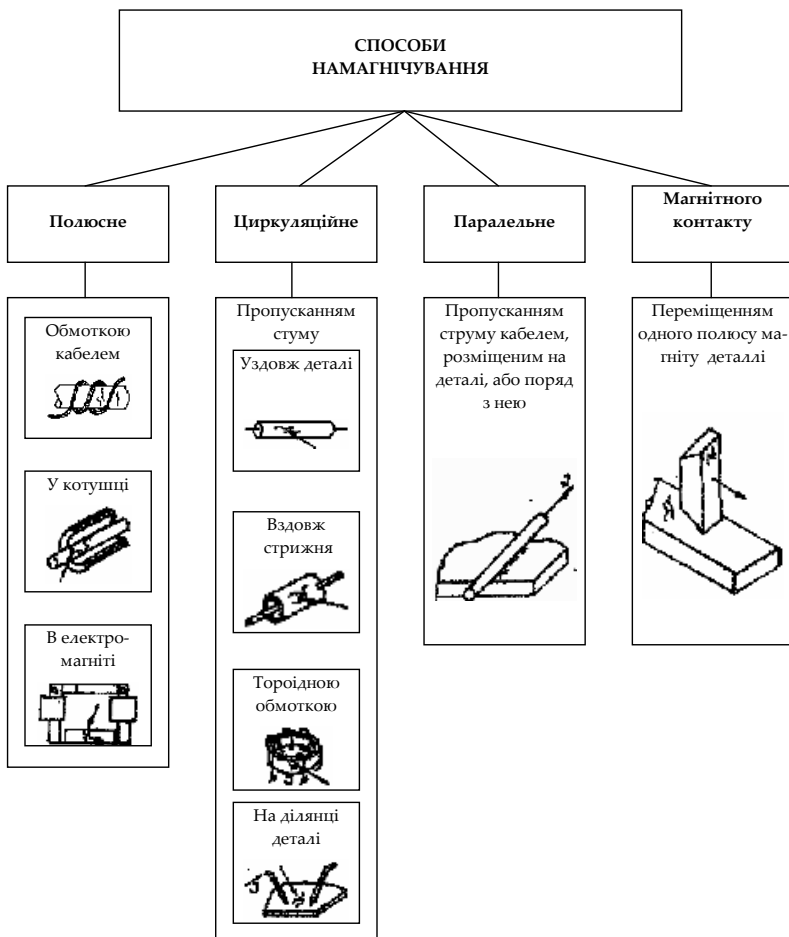


Рис. 2.31. Способи намагнічування
(стрілками показано можливе розташування тріщин)

У разі полюсного намагнічування деталь може бути намагнічена таким способом: її обмотують кабелем, поміщають в котушку або між полюсними наконечниками електромагніту. При цьому магнітні силові лінії частково проходять уздовж деталі, а частково повітрям; на деталі утворюються магнітні полюси, які залишаються після зняття намагнічувального поля рис. 2.32.

Якщо довгу деталь перевіряють намагнічуванням її обмоткою кабелем, то контроль проводять на ділянках. За контрольовану ділянку слід вважати частину деталі, охоплену витками кабелю (котушки). Схема розташування магнітних силових ліній за обмотки кабелем представлена на рис. 2.33.

За циркуляційного намагнічування струм пропускають крізь деталь або її ділянку, тороїдною обмоткою або кабелем, на якому розміщена порожниста деталь. При цьому силові лінії поля, що намагнічує, мають вигляд концентричних кіл. У циліндричній деталі без дефекту силові лінії весь свій шлях проходять уздовж деталі. Магнітних полюсів на ній не виявляється.

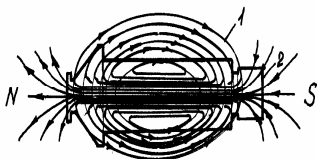


Рис. 2.32. Схема магнітних силових ліній 1 довкола полюсно-намагніченої деталі 2

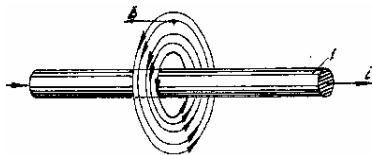


Рис. 2.33. Схема магнітних силових ліній довкола кабелю

Приклад циркуляційного намагнічення представлений на рис. 2.34.

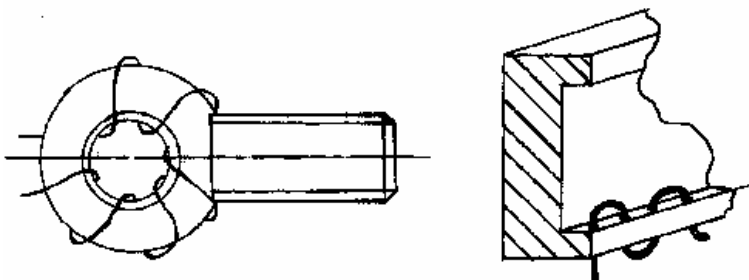


Рис. 2.34. Приклади циркуляційного намагнічування

Комбінований спосіб намагнічування деталей застосовують у двох випадках: коли невідомий напрям розташування дефекту або на магнітом'яких матеріалах.

Для цього деталь намагнічують полюсним і циркуляційним способами одночасно. Наприклад: обмоткою кабелем і пропусканням струму вздовж деталі; у соленоїді і пропусканням струму вздовж деталі; обмоткою кабелем і пропусканням струму вздовж стрижня, який вставлений в порожнисту деталь.

За такого вигляду дефектації слід операції намагнічування, нанесення суспензії і огляду деталі проводити одночасно, оскільки в разі знеструмлення (зняття магнітного поля) на деталі залишається тільки одне з полів.

Крім того, на величину залишкової намагніченості впливає форма деталі, яку оцінюють коефіцієнтом розмагнічування. Для циліндричних деталей розмагнічувальний чинник то менше, що більше видовження деталі, яке оцінюють як величину l/d (l – довжина деталі, d – діаметр деталі). Для збільшення довжини деталі, набирають ланцюжки деталей або застосовують сталеві стрижні-подовжувачі, рис 2.35.

На якість магнітного контролю на залишковій намагніченості впливає не лише величина напруженості магнітного поля, але і швидкість його зняття. Що більше ця швидкість, то краще виявляються дефекти.

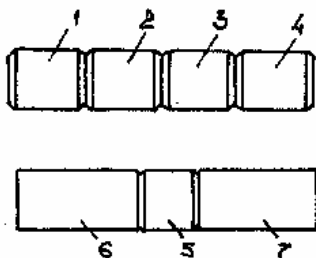


Рис. 2.35. Схеми з'єднання деталей під час намагнічування:

1, 2, 3, 4 – однотипні деталі;
5 – деталь; 6, 7 – сталеві стрижні-подовжувачі

Нанесення суспензії і огляд деталі. Перед нанесенням суспензії необхідне ретельне її перемішування або збовтування. Суспензію наносять обливанням деталі або за допомогою щітки. Якщо на поверхні або в підповерхневому шарі деталі є дефекти, то феромагнітний порошок затягується в утворене над дефектом поле розсіяння, утворюючи ланцюжки – індикаторний малюнок. Такий малюнок можна фотографувати і документувати.

Швидкість виявлення дефектів залежить від таких факторів:

- що більше в'язкість дисперсійної сфери, то менше швидкість осадження частинок;
- у разі збільшення концентрації порошку накопичення його

над дефектом відбувається швидше, однак разом з тим збільшується фон з порошку на деталі.

Розшифрування результатів – найбільш відповідальний етап контролю. Завданням етапу є визначення за характером осадження порошку дійсних і уявних дефектів. Під час розшифрування аналізують картини осадження порошку на поверхні деталі, використовуючи у деяких випадках оптичні прилади.

Розмагнічування деталей. Намагнічені деталі після контролю, перед установленням в конструкцію мають бути розмагнічені, оскільки інакше до них притягуються феромагнітні частинки (продукти зносу, які викликать знос елементів тертьових деталей: вальниць ковзання, золотників, шестерень, валів і так далі).

В умовах експлуатації домогтися повної розмагніченої (повного розмагнічення) деталі дуже важко. Це і не потрібно. Вживані способи дозволяють розмагнічувати їх до рівня, за якого залишкова намагніченість не викликає порушень нормальної роботи вузлів тертя.

Для розмагнічування слід провести розорієнтування доменів. Для цього потрібно виконати дві умови.

1. Циклічно перемагнічувати деталь.

2. Водночас з перемагнічуванням зменшувати напруженість магнітного поля до нуля.

Циклічне перемагнічування проводять будь-яким способом – полюсним або циркуляційним. Найчастіше таким, за допомогою якого проводять намагнічування. Під час розмагнічування циклічно міняється напрям магнітного поля. Для цього потрібно міняти напрям струму або обертати деталь в магнітному полі. Найчастіше для таких цілей застосовують змінний струм.

Одночасно з перемагнічуванням слід зменшувати напруженість магнітного поля до нуля. Це можна проводити зменшенням сили струму на обмотці соленоїда, кабелю або повільним віддаленням деталі від джерела намагнічування (або навпаки, джерела намагнічування від деталі).

Розмагнічування великогабаритної деталі змінним струмом із застосуванням кабелю проводять за ділянками. Ділянками для розмагнічування вважають частку деталі, що охоплюється витками кабелю. Розмагнічування починають з середини деталі. Початкове значення струму під час розмагнічування має бути не менше значення струму, яким намагнічувалася деталь, час його зменшення до нуля 5–60 с.

Послідовність виконання технологічних операцій під час контролю поверхонь тертя способами намагнічення представлена на рис. 2.36.



Рис 2.36. Послідовність виконання технологічних операцій під час контролю:

а – за залишкової намагніченості (полюсне або циркулярне намагнічування); *б* – в прикладеному магнітному полі (комбіноване намагнічування)

Типові помилки під час контролю магнітопорошковим методом. Під час застосування магнітопорошкового контролю можливі такі помилки:

- неправильний вибір способу намагнічування, за якого силові лінії магнітного поля орієнтовані відносно дефекту під кутом менше 20°;
- недостатня напруженість магнітного поля, особливо під час контролю магнітом'яких матеріалів;
- невідповідність магнітних суспензій технічним умовам, що ставляться до них;
- неправильна підготовка поверхні деталі перед контролем, товсті лакофарбові покриття, сліди корозії, забруднення, нагар, грубі подряпини.

Техніка безпеки під час магнітопорошкового контролю. Під час роботи на магнітних дефектоскопах слід дотримуватися таких правил:

Дефектоскоп має бути надійно заземлений.

Забороняється торкатися до неізольованих струмопровідних частин, що знаходяться під напругою, незалежно від її величини.

Під час намагнічування деталі шляхом пропускання струму нею потрібно стежити, щоб поверхні контакту не мали слідів палива, мастила і так далі.

У приміщенні, де встановлений стаціонарний дефектоскоп, має бути загальна витяжна вентиляція.

Поблизу дефектоскопа не можна зберігати легкозаймисті речовини, до яких належить і магнітна суспензія.

6. Працювати на дефектоскопі дозволяється фахівцю, що обізнаний з будовою дефектоскопа і правилами роботи на ньому.

Переваги і недоліки, застосування магнітопорошкового контролю.

Переваги:

- дозволяє визначати поверхневі і підповерхневі дефекти;
- має значну чутливість;
- є прямим методом контролю, не потребує еталону, наявність дефекту можна фотографувати та документувати;
- не потребує ретельної підготовки поверхні.

Недоліки:

- застосовується лише на феромагнітних матеріалах;
- після проведення контролю деталей слід розмагнічувати.

Ультразвукові методи неруйнівного контролю. Джерела збудження ультразвукових хвиль. Для збудження ультразвукових хвиль використовують електроакустичні перетворювачі: магнітострикційні і п'єзоелектричні. У ультразвукових дефектоскопах застосовують п'єзоелектричні перетворювачі з п'єзокераміки – цирконату титанату свинцю ЦТС-19 і титанату барію ТБ-1.

Для таких елементів заснована на п'єзоелектричному ефекті, який полягає в тому, що під час стискування і розтягування перетворювачів на їх поверхнях виникають електричні заряди, рис. 2.37.

Знак зарядів визначається видом деформації (стискування або розтягування), а величина – прикладеною силою.

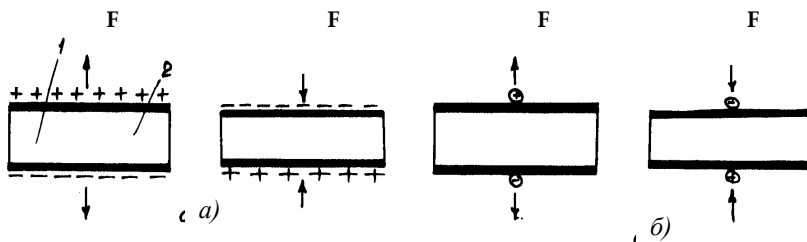


Рис. 2.37. Прямий (а) і зворотний (б) п'єзоелектричні ефекти:

1 – п'єзопластина; 2 – шар срібла; F – сила стискування або розтягування

П'єзоефект має різну спрямованість: якщо прикласти до поверхонь перетворювача змінну електричну напругу, то перетворювач здійснюватиме механічні коливання (стискуватися, розтягуватися) з частотою прикладеної напруги. Таким чином, п'єзоелектричний

перетворювач дозволяє перетворювати електричні коливання в механічні і, навпаки, механічні – в електричні.

Перетворювачі виготовляють у формі пластини, тонкого циліндра. На обидві поверхні пластини наносять тонкий шар срібла, до якого припаюють контакти.

Особливості введення ультразвукових хвиль у матеріал деталі. Для збудження в деталі хвиль різного типу використовують властивості відбиття, заломлення і трансформації ультразвукових коливань на кордоні двох середовищ.

Якщо подовжня хвиля падає на деталь на нормалі до її поверхні (рис. 2.38а), то частина енергії ультразвукових коливань проходить в метал і поширюється в ньому також у напрямку нормалі, а частина відбивається. При цьому хвилі, і ті, що проходять і відбиті, мають один і той самий тип, що і спадна, тобто є подовжніми. Часка відбитої енергії то більше, що більше різниця акустичних опорів контактних матеріалів ($\rho \cdot c$) – п'єзопластини і деталі, що контролюється.

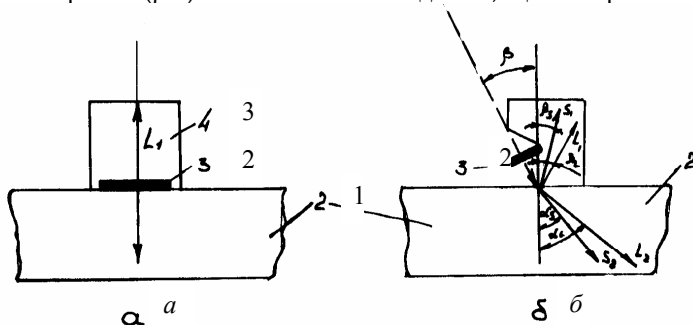


Рис. 2.38. Схеми відбиття і заломлення подовжніх і поперечних хвиль:

a – кут падіння 90° ; *б* – кут падіння менше критичного;

1 – деталь, 2 – електроакустичний перетворювач, 3 – призма

За наявності між п'єзопластиною і поверхнею деталі повітряного зазору (через шорсткість поверхонь або перекосяк шукача) від зазору відіб'ється назад у тіло шукача вся енергія ультразвукових коливань, оскільки акустичні опори ($\rho \cdot c$) цих середовищ значно відрізняються.

Для поліпшення акустичного контакту на поверхню деталі в місці встановлення шукача наносять тонкий шар мінерального масла (контактне змащування), яке заповнює западини шорсткостей поверхонь, усуваючи тим самим повітряний зазор. Так вдається вводити в метал близько 10–20% спадної на нього енергії ультразвукових коливань.

Якщо подовжня хвиля, випромінювана п'єзопластиною, падає під кутом β до поверхні деталі (для чого між п'єзопластиною і деталлю розташовують призму з органічного скла з кутом нахилу β (рис. 2.38б), то на кордоні розділу призма – деталь відбуваються три процеси: віддзеркалення, заломлення і трансформація ультразвукових коливань, тобто розщеплювання спадної подовжньої хвилі на дві відбиті (поперечну S_1 і подовжню L_1) і дві заломлені (поперечну S_2 і подовжню L_2), такі, що поширюються відповідно під кутами віддзеркалення β_s і β_L і заломлення α_s , α_L (рис. 2.38б).

Кути падіння, відбиття і введення ультразвукових коливань пов'язані з їх швидкостями співвідношенням синусів:

$$\frac{\sin \beta}{C_{\text{под}_1}} = \frac{\sin \beta_s}{C_{\text{нон}_1}} = \frac{\sin \alpha_L}{C_{\text{под}_2}} = \frac{\sin \alpha_s}{C_{\text{нон}_2}}, \quad (2.33)$$

де $C_{\text{под}_1}$, $C_{\text{нон}_1}$ і $C_{\text{под}_2}$, $C_{\text{нон}_2}$ – швидкості подовжньої і поперечної хвиль у матеріалах призми 3 і деталі 1.

За збільшення кута падіння β настає момент, коли заломлена подовжня хвиля L_2 ковзає уздовж поверхні деталі, а усередині матеріалу поширюється лише поперечна хвиля S_2 ($\alpha_L = 90^\circ$, рис. 2.39а).

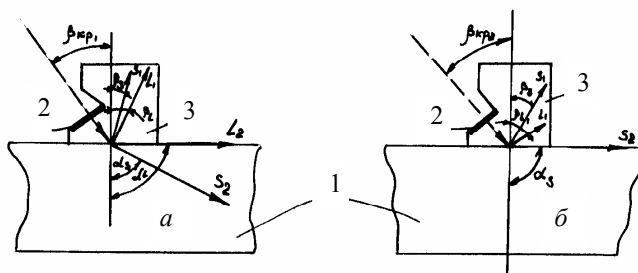


Рис. 2.39. Схеми відбиття і заломлення ультразвукових хвиль на критичних кутах:

а – для першого критичного кута; б – для другого критичного кута

Такий кут β називають першим критичним кутом (β_{kp1}). Для цього випадку запишемо співвідношення синусів:

$$\frac{\sin \beta_{kp1}}{C_{\text{под}_1}} = \frac{\sin \alpha_{L2}}{C_{\text{под}_2}} \quad (2.34)$$

З урахуванням того, що $\alpha_2 = 90^\circ$ ($\sin L_2 = 1$), отримаємо:

$$\sin \beta_{kp1} = \frac{C_{\text{под}_1}}{C_{\text{под}_2}} \quad (2.35)$$

Знаходимо перший критичний кут введення ультразвукових коливань:

$$\beta_{\text{кр}1} = \arcsin \frac{C_{\text{нод}1}}{C_{\text{нод}2}}, \quad (2.36)$$

де $C_{\text{нод}1}$ – швидкість подовжніх хвиль в оргстеклі пошукової головки, величина постійна і дорівнює 2670 м/с;

$C_{\text{нод}2}$ – швидкість подовжніх хвиль в контрольованій деталі.

$$C_{\text{нод}2} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (2.37)$$

де E – модуль Юнга матеріалу деталі; ρ – щільність матеріалу деталі.

Подовжні хвилі застосовують під час пошуку дефектів в тонких листових матеріалах і зварювальних швах багаторазовим відбиттям променів.

За деякого значення кута $\beta > \beta_{\text{кр}1}$ (рис. 2.39б) уздовж поверхні деталі ковзає лише поперечна хвиля S_2 ($\alpha_S = 90^\circ$). Такий кут називають другим критичним кутом ($\beta_{\text{кр}2}$). Якщо $\beta > \beta_{\text{кр}2}$, то в деталь ультразвукові коливання не проникають.

Для цього випадку запишемо співвідношення синусів:

$$\frac{\sin \beta_{\text{кр}2}}{C_{\text{нол}1}} = \frac{\sin \alpha_{S2}}{C_{\text{нон}2}} \quad (2.38)$$

З урахуванням того, що $\alpha_{S2} = 90^\circ$ ($\sin \alpha_{S2} = 1$), отримаємо:

$$\sin \beta_{\text{кр}2} = \frac{C_{\text{нод}1}}{C_{\text{нон}2}} \quad (2.39)$$

Як і в першому випадку, $C_{\text{сп}1}$ – швидкість подовжніх хвиль в оргстеклі пошукової головки, величина постійна і дорівнює 2670 м/с;

$C_{\text{сп}2}$ – швидкість поперечних хвиль в матеріалі контрольованої деталі:

$$C_{\text{нон}2} = \sqrt{\frac{G}{\rho}}, \quad (2.40)$$

де G – модуль зсуву контрольованого матеріалу (ρ – щільність контрольованого матеріалу).

Другий критичний кут обчислюють за формулою:

$$\beta_{\text{кр}2} = \arcsin \frac{C_{\text{нод}1}}{C_{\text{нон}2}} \quad (2.41)$$

Поперечні хвилі застосовують під час пошуку поверхневих дефектів, які розташовані на поверхні або в підповерхневому шарі.

Умови відбиття ультразвукових хвиль. Хвиля, зустрівши на своєму шляху дефект, наприклад, тріщину в матеріалі розміром менше $1/3$ довжини хвилі, не відбивається, а огинає його. Це явище називається інтерференцією.

Для отримання інтенсивного відбиття енергії ультразвукових коливань від дефекту потрібно, щоб його розміри в плоскості, перпендикулярній до напрямку розповсюдження хвилі, були більше $1/3 \lambda$ (λ – довжина хвилі). Отже, для збільшення чутливості методу необхідно зменшувати довжину хвилі λ . Довжину хвилі можна зменшувати лише одним способом – збільшуючи робочу частоту. Однак за збільшення робочої частоти виникають труднощі введення ультразвукових коливань в матеріал. Окрім цього, хвилі високої частоти дуже швидко згасають, проходячи в матеріалі. Це призводить до того, що деталі великих лінійних розмірів на високих частотах контролювати неможливо через швидке згасання ультразвукових коливань.

Другою умовою відбиття ультразвукових хвиль є відмінність в акустичному опорі (імпеданс $Z = \rho c$) матеріалу і дефекту. Що більше імпеданс середовища, то більше енергії відбивається на кордон розділу середовища. Цим пояснюється 100% відбиття ультразвукових хвиль на кордоні твердий матеріал – повітря.

Враховуючи вищевикладене, можна дійти висновку, що тріщини, заповнені гасом або мінеральним маслом, матимуть меншу відбивну здатність, ніж порожні, в яких знаходиться повітря.

Сутність ультразвукового контролю. Ехо-імпульсний метод ультразвукового контролю заснований на реєстрації відбитої від поверхні несучильності матеріалу (тріщин, раковин, корозії тощо) або інших відбивачів ультразвукової хвилі. Суть ехо-імпульсного методу зрозуміла з аналізу рис. 2.40.

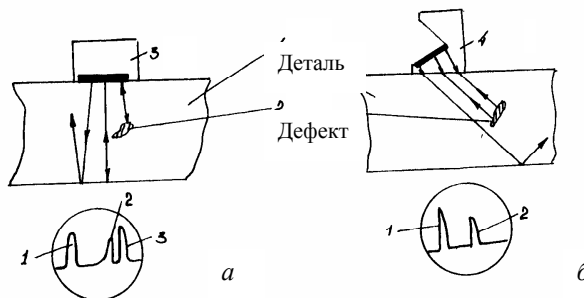


Рис. 2.40. Схема прозвучування ехо-імпульсним методом із застосуванням прямого (а) і похилого (б) шукачів:

1 – початковий сигнал; 2 – ехо-сигнал від дефекту; 3 – донний сигнал

Для випромінювання і приймання ультразвукової хвилі за цього методу використовують один випромінювач, що виконує функції випромінювання і приймання. Індикатором ехо-сигналів в цьому випадку служить електронно-променева трубка дефектоскопа.

Чутливість ехо-імпульсного методу (мінімальна площа дефектів, що надійно виявляються) залежить від довжини хвилі і різниці в акустичних опорах матеріалу і дефекту. У свою чергу довжина хвилі залежить від швидкості поширення коливань у матеріалі і робочої частоти, тобто що вище робоча частота і менше швидкість поширення коливань в контрольованому матеріалі ($C_{\text{поп}} < C_{\text{под}}$), то вище чутливість.

Тіньовий метод використовують для контролю деталей нескладної форми і невеликої товщини (листового прокату, труб, профілів тощо). Суть методу зрозуміла з рис. 2.41. У разі контролю цим методом з одного боку деталі в матеріал посилають безперервну або імпульсну хвилю, а з протилежного – її реєструють.

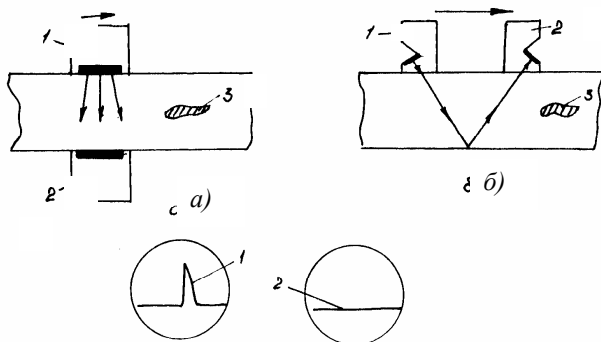


Рис. 2.41 Схема прозвучування тіньовим (а) і дзеркально-тіньовим (б) методами:

1 – сигнал за відсутності дефекту; 2 – сигнал за наявності великого дефекту

Якщо під час переміщення шукача на шляху хвилі трапляється дефект, то залежно від його розміру хвилі повністю або частково відбиваються від нього або погасають. Про наявність дефекту судять за повним зникненням сигналу або значним зменшенням його амплітуди.

Типова технологія ультразвукового контролю.

Вибір типу ультразвукових хвиль, зон і кута введення хвиль і напрямів прозвучування. Для виявлення в деталях складної форми внутрішніх дефектів, розташованих під кутом до поверхні вводу, застосовують поперечні хвилі, а дефектів, розташованих на поверхні

деталі (тріщини втоми, корозійні пошкодження та ін.), – поперечні хвилі, які поширюються поверхнею.

Поперечні хвилі порівняно з подовжніми дозволяють виявляти дрібніші дефекти за однієї і тієї частоти.

Поперечні хвилі широко використовують для контролю зварних з'єднань однократно відбитим променем або багатократним, рис. 2.42.

При цьому кут введення ультразвукових коливань є першим критичним кутом і визначається за формулою:

$$\beta_{\text{кр1}} = \arcsin \frac{2670}{\sqrt{\frac{E}{\rho}}}, \quad (2.42)$$

де E – модуль Юнга контролюваного матеріалу;

ρ – щільність контролюваного матеріалу.

Поверхневі хвилі використовуються переважно для контролю деталей складної конфігурації, оскільки вони можуть огинати, не відбиваючись, увігнуті і опуклі ділянки деталі радіусом округлення $2\lambda_{\text{пов}}$ і більше.

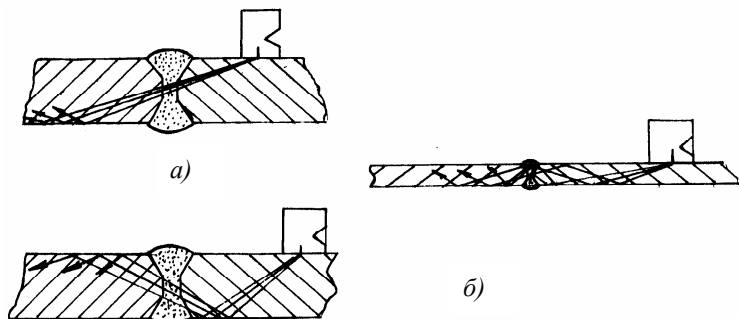


Рис. 2.42. Способи контролю зварного шва, однократно відбитим променем (а) і багатократно відбитим (б)

При цьому кут введення ультразвукових коливань є другим критичним кутом і визначається за формулою:

$$\beta_{\text{кр1}} = \arcsin \frac{2670}{\sqrt{\frac{G}{\rho}}}, \quad (2.43)$$

де G – модуль зсуву контролюваного матеріалу.

Подовжні хвилі застосовують для контролю деталей великої товщини на наявність внутрішніх дефектів (раковин, розшарувань,

зон пористості тощо). У всіх випадках напрями прозвучення і місця встановлення шукачів вибирають так, щоб осьовий промінь падав на поверхню під прямим кутом.

Вибір робочої частоти дефектоскопа. З підвищенням робочої частоти зростає чутливість методу. Проте високочастотні коливання важко вводити в контрольований матеріал, тому що вони швидко затухають, проходячи крізь тіло деталі. Оптимальна робоча частота вибирається дослідним шляхом під час налаштування на контрольному зразку.

Підготовка поверхні контрольованої деталі і забезпечення акустичного контакту. Перед проведенням контролю поверхню деталі в зоні контролю очищають від бруду, лакофарбного покриття, що відшаровується, окалини, продуктів корозії. Для зменшення шорсткості поверхні дозволяється застосовувати наждачний папір.

Як контактне змащування для забезпечення акустичного контакту між пошукачем і поверхнею деталі вибирається будь-яка мінеральна олива або консистентне мастило.

Налаштування дефектоскопа на задану чутливість. Налаштування проводять на двох контрольних зразках, один з яких не має дефектів, а інший має. Матеріал, форма, шорсткість обробки поверхні зразків мають бути такими, як в контрольованій деталі. Як контрольний зразок часто застосовують деталь або її частину, на поверхні якої в місці можливої тріщини виконаний штучний відбивач заданих розмірів у вигляді надрізів і рисок або свердлінь.

Налаштування чутливості дефектоскопа за контрольним зразком полягає у такому. На поверхню зразка, що не має дефекту, в місці установки шукача наносять шар контактного мастила і встановлюють шукач, щільно притиснувши до поверхні. На екрані дефектоскопа мають з'явитися два імпульси: початковий і донний. Якщо початкового імпульсу немає, то це говорить про несправність генератора і дефектоскопа загалом. Якщо початковий імпульс є, а донного немає, то можливі дві причини: 1 – поганий акустичний контакт між шукачем і деталлю. При цьому слід зачистити місце встановлення деталі і нанести контактне мастило. 2 – висока робоча частота дефектоскопа. Як результат ультразвукові хвилі згасають під час проходження деталлю. Тому слід зменшити робочу частоту до появи цього імпульсу.

Після налаштування на еталоні, що не мав дефекту, шукач встановлюють на еталон, що має дефект. На екрані дефектоскопа в проміжку між початковим і донним імпульсами має з'явитися ехо-імпульс від дефекту. Якщо ехо-імпульсу немає, потрібно ручкою налаштування збільшити амплітуду всіх спостережуваних імпульсів на екрані ЕЛТ одночасно, до появи ехо-імпульсу від дефекту.

Після проведення викладеного вище налаштування дефектоскоп готовий до застосування. Застосування здійснюється тільки на однотипних деталях, в яких матеріал і форма відповідають еталонним. У разі переходу до контролю іншої групи деталей (іншої форми або інших матеріалів) потрібно провести переналаштування дефектоскопа на відповідних еталонних зразках.

Для набуття навичок із роботи на дефектоскопі і з його налаштування в комплект входить еталонний зразок, виконаний з оргстекла. Еталон має бокові отвори на різній глибині і служить для перевірки дозвільної здатності і точності роботи дефектоскопа та вбудованого глибиноміра.

Контроль деталей, розшифрування показань дефектоскопа, визначення характеру і розмірів дефектів.

Показання ультразвукових дефектоскопів – це осцилограми. На них, окрім корисних сигналів – початкового, від дефектів, і кінцевого, можуть бути сигнали-перешкоди, що виникли від неоднорідностей структури металу, від складного рельєфу поверхні деталі, спучення лакофарбних покриттів, наявності бруду та залишків мастильних матеріалів.

Сигнали-перешкоди, що виникають від неоднорідностей структури, у деяких випадках неможливо відрізнити від корисних. Для полегшення розшифрування осцилограм з такими перешкодами рекомендується деталі з крупнозернистих матеріалів прозвучувати за низьких робочих частот.

Під час контролю деталей складної конфігурації визначають місця, що дають на екрані сигнали-перешкоди (грані, канавки, виступи, отвори). Місце розташування таких сигналів на екрані дефектоскопу відрізняють за налаштування на контрольному зразку і під час контролю не враховують.

Про розміри дефектів можна судити по амплітуді ехо-сигналів, висоту амплітуди можна виміряти за сіткою екрана дефектоскопа.

Місце розташування дефекту під час контролю поверхневими і подовжніми хвилями орієнтовано можна визначити двома способами.

1. Шляхом демпфування хвиль, що поширюються, притисненням до контрольованої поверхні матеріалу, добре поглинаючого коливання (гуми або пальця руки, змоченого мастилом). Якщо це натиснення станеться між шукачем і дефектом, то ехо-сигнал на екрані дефектоскопа зменшиться або зникне, а якщо за дефектом, – то не зміниться. Зближуючи точки натиснення, знаходять місце розташування дефекту.

2. Переміщенням шукача. У разі положення шукача над дефектом останній на екрані не фіксується. Для визначення місця роз-

ташування дефекту подовжніми або поперечними хвилями користуються вбудованим глибиноміром дефектоскопа.

Приклади контролю.

Контроль труб або валів поперечними хвилями (див. рис. 2.43).

На рис. 2.43 наведено приклади осцилограм контролю деталей, що не мають дефектів. За наявності дефектів між вказаними імпульсами з'являються ехо-імпульси за кількістю дефектів.

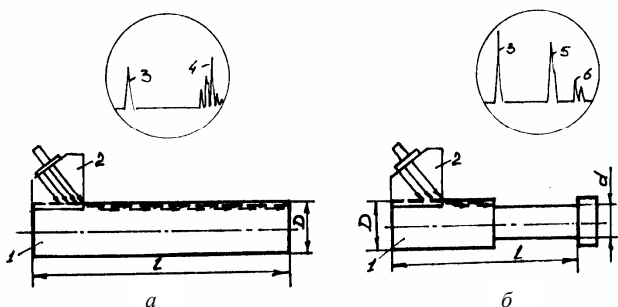


Рис. 2.43. Схеми контролю циліндрових деталей:

a – постійного перетину; *б* – ступінчастих;

1 – деталь; 2 – шукач; 3 – початковий імпульс; 4 – донний імпульс;

5, 6 – імпульси від переходів різного діаметра

На рис. 2.44 наведено приклад осцилограми таврового з'єднання, що має дефект. Якщо не буде дефекту в зварювальному шві, ехо-імпульсу 4 не буде.

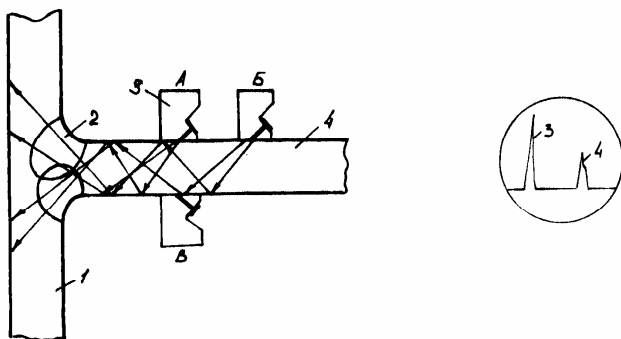


Рис. 2.44. Схема контролю таврового зварного з'єднання:

1 – зварювальний шов; 2 – шукач; 3 – початковий імпульс; 4 – ехо-імпульс від дефекту; А, В – положення шукача під час контролю однократно відбитим променем; Б – положення шукача під час контролю багато разів відбитим променем

Помилки у застосуванні ультразвукових дефектоскопів

Типові помилки, що знижують ефективність контролю.

1. Не погоджена резонансна частота п'єзoeлемента шукача з робочою частотою дефектоскопа.

2. Неправильно вибирається робоча частота дефектоскопа. За завищеної частоти не прозвучується вся довжина деталі (контроль прозвучування слід вести за наявності цього імпульсу). Так само, як за заниженої частоти коливань знижується чутливість контролю.

3. Погано підготовлена ділянка поверхні деталі для введення в неї ультразвукових коливань. Як результат майже вся енергія відбивається від кордону розділу шукач-деталь, і донного імпульсу на екрані дефектоскопа немає.

4. Неправильно визначають критичні кути введення ультразвукових коливань в деталь. Як результат або вся енергія відбивається від кордону розділу шукач-деталь, або в матеріалі деталі поширюються дві хвилі: подовжня і поперечна, накладаючись одна на іншу, що спричинює стоячу хвилю, яка на екрані дефектоскопа приймається за дефект.

5. У процесі контролю не стежать за правильністю установлення шукача і не уважно стежать за екраном дефектоскопа.

Техніка безпеки. Під час проведення контролю на техніці забороняється працювати з дефектоскопом без заземлення, знімати кожух з ввімкненого дефектоскопа або працювати із знятим кожухом, оскільки на електроди ЕПТ дефектоскопа подається висока напруга, небезпечна для життя.

До роботи з дефектоскопом допускають фахівців, що пройшли інструктаж і склали заліки з методики контролю і техніки безпеки.

Переваги і недоліки ультразвукового методу контролю

Переваги:

- дозволяє контролювати деталі з будь-яких матеріалів (за винятком пористих, гум і композиційних матеріалів з наповнювачем);
- дозволяє визначати поверхневі, підповерхневі і глибинні дефекти;
- мінімальний час контролю на деталь (без врахування налаштування).

Недоліки:

- непрямий метод контролю, для налаштування дефектоскопа необхідні контрольні зразки;
- вимагає ретельної підготовки поверхні в місці установки шукача;
- складність налаштування дефектоскопа і розшифрування показань;
- потребує високої кваліфікації працюючого персоналу;
- відносно низька чутливість методу.

2.7. Загальні методи усунення дефектів зношених деталей спряжень

Зношування поверхонь спряжених деталей призводить до порушень розмірних зв'язків між деталями спряження, механізму або вузла. Ці зв'язки виражаються основним рівнянням розмірного ланцюга:

$$A\Delta = \sum_{i=1}^p A_{i3б} - \sum_{i=1}^q A_{i3м} \quad (2.44)$$

де $A\Delta$ — замикаюча ланка; $A_{i3б}$ і $A_{i3м}$ — складові, які відповідно збільшують і зменшують ланки розмірного ланцюга; p і q — кількість збільшуваних і зменшуваних ланок.

У процесі роботи взаємозв'язаних деталей значення замикаючої ланки змінюється. Водночас її розмір є одним із параметрів, граничне значення якого визначає втрату працездатності спряження (механізму, вузла). Відновлення працездатності за рахунок відновлення початкового значення замикаючої ланки може бути досягнуто шляхом впливу на зміну розмірів складових ланок.

Разом з тим у випадку багатоланкових розмірних ланцюгів відновлення працездатності механізму (вузла) початково можливе за допомогою регульовальних операцій. Наприклад, регулювання зазору між клапаном і коромислом клапана газорозподільного механізму двигуна, між зубами конічних шестерень головного передавача заднього моста машини тощо.

Однак оскільки у процесі зношування змінюються не тільки розміри, але й форми тертьових поверхонь, відновлення замикаючої ланки регулюванням обмежене значенням похибки форми деталей. У цьому випадку потрібні інші способи відновлення розмірних ланцюгів.

Розглянемо ці питання для триланкових розмірних ланцюгів, які входять до складу розмірних ланцюгів механізмів і вузлів. Рівняння таких ланцюгів подамо у вигляді:

$$S = A - B, \quad (2.45)$$

де S — зазор (у деяких випадках натяг);

A — розмір отвору (охоплюючої поверхні, у тому числі наприклад, шпонковий паз тощо);

B — розмір вала (охопленої поверхні, у тому числі, наприклад, шпонка тощо).

Зміна розмірів A і B через зношування призводить до зміни зазору S , тобто зміни характеру посадки. Відновити посадку можна зміною розмірів зношених деталей A_p і B_p до значень A_n і B_n певними способами ремонтних впливів за умови збереження рівності:

$$S = A_n - B_n = A_p - B_p, \quad (2.46)$$

де індекс « n » належить до нових незношених деталей нормального розміру, тобто розміру за робочим (основним) креслеником.

Із аналізу наведеної рівності можна встановити загальні методи відновлення посадки спряжених деталей, рис. 2.45 (на схемах зношування поверхонь віднесене до одного боку).

На рис. 2.45а зображено схему вихідного стану спряження, а на рис. 2.45б–г — після ремонтних впливів. Зношені поверхні позначено пунктиром.

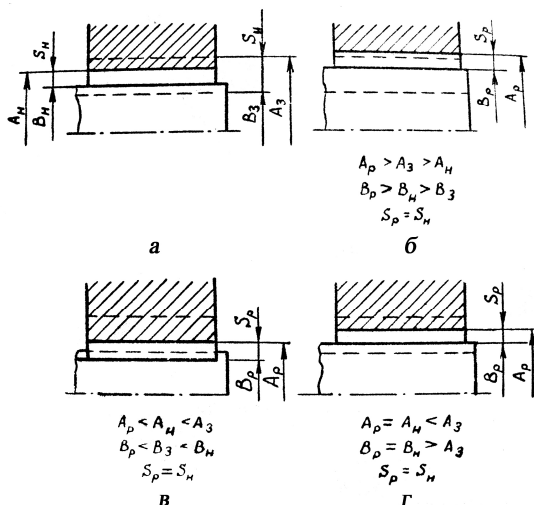


Рис. 2.45. Схеми варіантів загальних методів відновлення

Відновлення посадки одночасним збільшенням (див. рис. 2.45б) або зменшенням (див. рис. 2.45в) розмірів отвору і вала. Ці варіанти дозволяють відновити посадку, але розміри отвору і вала відрізнятимуться від розмірів, передбачених для виготовлення цих деталей. Розміри, встановлені для ремонту або виготовлення нової деталі, які відрізняються від аналогічних розмірів деталі за робочим (основним) креслеником, називаються ремонтними розмірами. Їх поділяють на категорійні і підгінні. Категорійними називають ремонтні

остаточні розміри деталей, встановлені для певних категорій ремонту, підгінними — ремонтні розміри деталей, установлені із врахуванням припуску на припасування деталі за місцем призначення.

Під час ремонту спряжень із відновленням тільки посадки використовують деталі ремонтного розміру, у разі застосування яких одна з них піддається механічній обробці у процесі ремонту, а друга (збільшеного розміру для вала і зменшеного розміру для отвору) випускається промисловістю у вигляді запасних частин. Деталь, яку механічно обробляють, коштує більше. Наприклад, відновлення спряження циліндр — поршень здійснюється механічною обробкою циліндра до ремонтного розміру, якому відповідає поршень ремонтного (збільшеного) розміру, що випускається промисловістю; зношені корінні і шатунні шийки колінчастого вала шліфуються і комплектуються із вкладишами ремонтного (зменшеного) розміру виробничого виготовлення.

Ремонтні розміри встановлюють, виходячи із величини і характеру зношування поверхні. Таких розмірів для цієї деталі може бути декілька.

На рис. 2.46 зображено схему формування ремонтного розміру для отвору і вала. Із схеми видно, що із урахуванням нерівномірності зношування перший ремонтний розмір може бути розрахований із таких залежностей:

для отвору:

$$D_{p1} = D_H + 2(U'_{max} + Z); \quad (2.47)$$

для вала:

$$d_{p1} = d_H - 2(U'_{max} + Z); \quad (2.48)$$

де D_H і d_H — нормальні розміри отвору і вала;

U'_{max} — максимальне однобічне зношування;

Z — припуск на механічну обробку на бік.

Замість однобічного максимального зношування для розрахунку використовують коефіцієнт нерівномірності зношування, який визначається так:

$$K_{нз} = \frac{U'_{max}}{U'_{max} + U''}, \quad (2.49)$$

де U'' — діаметрально протилежне зношування відносно U'_{max} ; U — загальна величина зношування за діаметром; звідси $U'_{max} = K_{нз}U$, а залежність для розрахунку ремонтних розмірів набуде вигляду:

$$D_{p1} = D_H + 2(K_{H3}U + Z) \text{ і } d_{p1} = d_H - (K_{H3}U + Z) \quad (2.50)$$

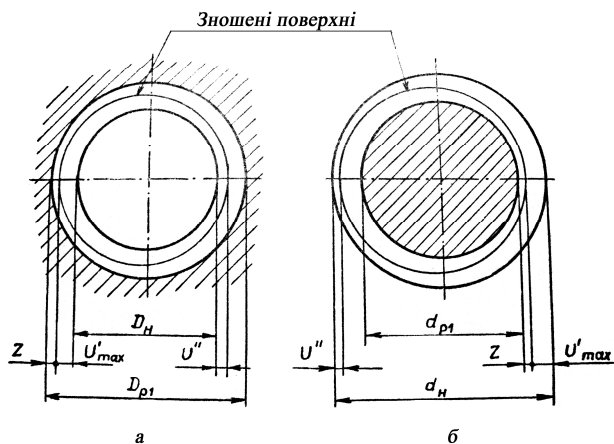


Рис. 2.46. Схема формування ремонтних розмірів:
а — отвору; б — вала

У випадку симетричного зношування відносно осі деталі $K_{H3} = 0,5$, у випадку однобічного — $K_{H3} = 1$, тобто $0,5 < K_{H3} < 1$. Величину K_{H3} для конкретних деталей встановлюють експериментальним шляхом. Наприклад, для шийок колінчастого вала $K_{H3} = 0,7 - 0,8$, для циліндрів двигуна $K_{H3} = 0,6 - 0,7$.

Якщо вираз $2(K_{H3}U + Z)$, який визначає ремонтний інтервал позначити Δ , то розрахункові формули для ремонтних розмірів набудуть вигляду:

$$D_{pi} = D_H + i\Delta \text{ і } d_{pi} = d_H - i\Delta \quad (2.51)$$

де i — номер ремонтного розміру (1, 2, ...).

Граничні, максимальний для отвору (D_{pmax}) і мінімальний для вала (D_{pmin}), ремонтні розміри призначають з урахуванням можливого впливу зміни розмірів деталі на зменшення жорсткості і механічної міцності, на збільшення питомого тиску і зниження поверхневої твердості ремонтваної деталі, інакше кажучи на зниження ресурсу (строку служби).

За значеннями ремонтного інтервалу і граничних ремонтних розмірів отвору або вала можна визначити кількість ремонтних розмірів:

$$\text{для отвору:} \quad n_A = \frac{D_{p \max} - D_H}{\Delta}; \quad (2.52)$$

$$\text{для вала:} \quad n_B = \frac{d_H - d_{p \min}}{\Delta}; \quad (2.53)$$

Однак застосування ремонтних розмірів має суттєвий недолік — порушується взаємозамінність деталей (зберігається тільки у межах одного ремонтного розміру). Крім того, збільшується номенклатура запасних частин і ускладнюється організація процесів комплексування і складання вузлів, зберігання деталей на складах. Незважаючи на ці недоліки, застосування стандартних ремонтних розмірів виправдовується певною економічною доцільністю.

Відновлення посадки за рахунок зміни розмірів до початкових із дотриманням взаємозамінності відновлених деталей з новими розв'язується, перш за все, за тим самим принципом, що й у випадку застосування деталей ремонтних розмірів, з тією різницею, що в одному випадку схема спряження виглядає так: оброблена деталь — зазор — нова деталь ремонтного розміру, а в другому — напущена деталь — зазор — нова деталь стандартного розміру. Наприклад, зношене посадочне місце під вальницю кочення в картері коробки передач може бути відновлене місцевим залізненням — із встановленням нової стандартної вальниці кочення.

Способів компенсації зношеного поверхневого шару багато і використовуються вони залежно від факторів, що впливають на інтенсивність зношування конкретного спряження, а також економічної доцільності способу. До останніх належать різні види наплавлення і напилення, електролітичні, електрофізичні та інші види покриттів, установлення додаткових деталей (наприклад, цілісних і скрутних втулок, приварювання металевої стрічки). Компенсація зношеного поверхневого шару наведеними способами — це частина технологічного процесу, після чого обов'язкова, зазвичай, розмірно-точнісна, а нерідко і зміцнювальна обробка.

Відновлення спряження до початкових розмірів можливе способами компенсації зношеного поверхневого шару не тільки до однієї, але й водночас до двох деталей спряження.

Для всіх методів відновлення посадки спряжень точність замикаючої ланки має відповідати початковій. Оскільки допуск замикаючої ланки дорівнює сумі допусків складових ланок, то допуск на обробку вала і отвору має бути таким, як під час виготовлення нових деталей.

2.8. Комплектування деталей

Комплектування деталей — це підготовча операція до складання вузлів, агрегатів і машин.

В умовах основного виробництва деталі комплектують за номенклатурою, відповідною цій складаній одиниці, з урахуванням однорідності груп, у випадку селективного складання, а також підбирання деталей за масою.

Підбирання деталей за масою належить до деталей шатунно-поршневої групи двигунів і має важливе значення, оскільки різниця маси рухомих деталей від різних циліндрів може викликати вібрацію двигуна і підвищення інтенсивності зношування його деталей. Номер селективної групи і маса деталей маркуються на деталі.

Комплектування деталей в умовах ремонтного виробництва має свої особливості: складанні одиниці можуть комплектуватися не тільки деталями з нормальними розмірно-точнісними параметрами, заданими основним (робочим) креслеником, що має місце під час виготовлення деталей, але й деталями ремонтних розмірів, а також деталями частково зношеними з параметрами, допустимими під час ремонту.

У невеликих ремонтних майстернях застосовують також індивідуальне відбирання деталей, яке забезпечує нормативне значення зазору у спряженні, наприклад поршень — циліндр.

Під час комплектування виконують підгінні операції, наприклад, обробку внутрішньої поверхні втулки верхньої головки шатуна (після запресування у шатун) під розмір поршневого пальця.

Отже, у ремонтному виробництві повна взаємозамінність зберігається тільки для складання із деталей з нормальними параметрами (нові або відновлені). Із таких деталей деякі спряження складаються селективним методом, тобто методом неповної взаємозамінності (поршень — гільза, поршень — палець тощо). Для деталей ремонтних розмірів (нових або відремонтованих) взаємозамінність зберігається лише у межах ремонтного розміру (категорійного). Деталі зношені, але з допустимими під час ремонту параметрами, у більшості спряжень втрачають свою взаємозамінність. Тому процес складання машин може здійснюватися методами повної і неповної взаємозамінності, зокрема методами селективного складання, а також із використанням регульовальних пристроїв — компенсаторів (регулювання клапанів, конічних вальниць кочення, конічних шестерень тощо) і підгінних операцій (розвірчування втулок верхньої головки шатуна тощо). Підгінні операції трудомісткі і мають бути мінімальними, особливо в умовах спеціалізованих підприємств.

Деталі деяких спряжень, які мають допустимі під час ремонту розміри, втрачають свою взаємозамінність і мають надходити на складання нерозкомплектованими.

Питома вага того чи іншого методу складання залежить від типу і марки машин, що ремонтуються програми і оснащеності ремонтного підприємства.

Розглянуті особливості складання під час ремонту машин вимагають організації процесу комплектування деталей і вузлів не тільки за їх номенклатурою (специфікацією або комплектувальними відомостями), як це має місце у виробництві нових машин, але й із урахуванням неповної взаємозамінності і навіть її відсутності.

Під час комплектування складаних одиниць користуються комплектувальними картами або специфікаціями, наведеними у картах технологічного процесу на складання.

У процесі комплектування деталі укладають у тару (для цієї складаної одиниці), яка надходить на відповідні місця складання. Тара може переміщуватися на спеціальних рухомих візках або у контейнерах, підвішених до підвісного конвеєра.

2.9. Складання вузлів, агрегатів і машин

Складання вузлів, агрегатів і машин — це низка послідовних операцій із складання окремих з'єднань, якість яких визначають такі основні фактори:

- ✓ ретельність очищення, миття, обдування стиснутим повітрям деталей, що надходять на складання;
- ✓ відповідність геометричних параметрів і маси, шорсткості поверхонь, незрівноваженості деталей і вузлів параметрам, заданим нормативно-технічною документацією;
- ✓ відсутність розкомплектування спряжених деталей, зазначених у документації (у випадку заміни однієї з деталей виконується відповідне підбирання і припасування);
- ✓ якість виконання комплектувальних робіт, застосування на складанні відповідного обладнання, пристроїв та інструментів, які забезпечують задану якість складання з'єднань;
- ✓ дотримання регламентованих технологічних режимів, інструкцій і вимог до складання з'єднань;
- ✓ використання під час складання рекомендованих матеріалів, ущільнювальних і стопорних елементів тощо.

Всі стадії складання виконують відповідно до технологічних процесів на складання. Інструмент і обладнання аналогічні тим, що застосовують під час розбирання.

Складання нарізних з'єднань (шпильок, гайок, болтів, гвинтів) становить 25–35% загальної трудомісткості складальних робіт.

Під час складання нарізних з'єднань мають забезпечуватися:

- ✓ співвісність осей болтів, шпильок, гвинтів та нарізних отворів і необхідна щільність посадки у нарізі;

- ✓ відсутність перекосів торця гайки або головки болта відносно поверхні спряженої деталі, оскільки перекося є основною причиною відривання гвинтів і шпильок;

- ✓ дотримання послідовності і стабільності зусиль затягання групи гайок (головка циліндрів тощо).

Складання нерухомих з'єднань. Якість складання пресових з'єднань формується під впливом таких факторів: матеріалу спряжених деталей, геометричних розмірів, форми і шорсткості поверхні, співвісності деталей і прикладеного зусилля запресування, наявності мастила тощо.

Шорсткість поверхонь у нерухомих спраженнях не має перевищувати $R_a = 2,5\text{--}1,25$ мкм, бо виникне змінання нерівностей і зменшиться натяг.

Під час складання спражень великими натягами охоплюючу деталь нагрівають, а охоплену — охолоджують. Температуру нагрівання або охолодження визначають за формулою:

$$T = (1,2\text{--}1,3) \cdot 10^{-3} \frac{N}{ad}, \quad (2.54)$$

де α — коефіцієнт лінійного розширення матеріалу деталі;

N — натяг у спраженні, мкм;

d — номінальний діаметр спряжених деталей, мм.

Температура нагрівання не має перевищувати 500 °С, щоб деталь не втратила початкову міцність. Перед запресуванням деталь нагрівають у мастилi, розплавленому свинці або відкритим способом, а охолоджують зрідженими газами, повітрям, азотом або сухим льодом.

Під час запресовування вальниць кочення за допомогою оправок потрібно, щоб зусилля запресовування передавалося безпосередньо на торець відповідного кільця: внутрішнього — під час напрусовування на вал, зовнішнього — у корпус і на обидва торці кілець, якщо вальниці напрусовуються на вал і входять у корпус. Для полегшення напрусовування вальниці її нагрівають у маслі до температури 80–100 °С.

Складання зубчастих передавачів. Роботоздатність зубчастих передавачів визначають геометрично точністю зубчастих коліс і за-

чеплення (боковий зазор, форма, площа і положення плями контакту зубів). Ці фактори залежать від стану корпусних деталей, точності посадочних отворів, міжосьової відстані, непаралельності осей тощо.

Точність складання більшості зубчастих передавачів забезпечується методом повної взаємозамінності, тобто точністю геометричних параметрів спряжених зубчастих коліс і корпусної деталі.

Тому зубчасті колеса і корпусні деталі мають відповідати точності, заданій технічною документацією.

Бокові зазори між зубами вимірюють індикатором або щупом, а для зубчастих зачеплень із великим модулем — свинцевою пластиною, прокотивши її між зубами і виміривши її товщину. У випадку незмінної центрної відстані боковий зазор у зачепленні вимірюють індикатором (рис. 2.47) і визначають за формулою:

$$\Delta = \frac{D}{2L} h, \quad (2.55)$$

де D — діаметр початкового кола зубчастого колеса, мм;

L — довжина плеча, мм;

H — покази індикатора, мм.

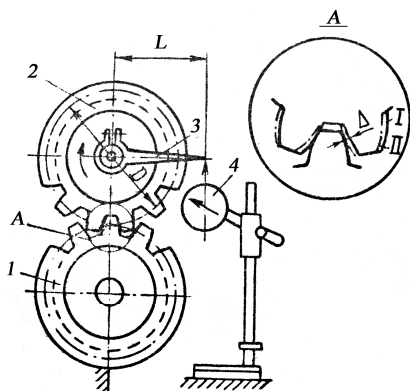


Рис. 2.47. Контроль бокового зазора в зачепленні циліндричних зубчастих коліс:

1 — нижня шестірня; 2 — зубчасте колесо; 3 — хомут; 4 — індикатор;

I-II — положення, зубчастого колеса

Прилягання (взаємний контакт) робочих поверхонь зубчастих коліс перевіряють «на фарбу». Для цього робочі поверхні шестірни покривають фарбою і кілька разів повертають зубчасті колеса у різні боки. Форма і розміщення відбитка свідчать про якість контакту робочих поверхонь (рис. 2.48).

Точність складання кінцевих і гепоїдних зубчастих передавачів забезпечується регулюванням за допомогою компенсаторів — набору регульованих шайб, кілець, прокладок або гайок.

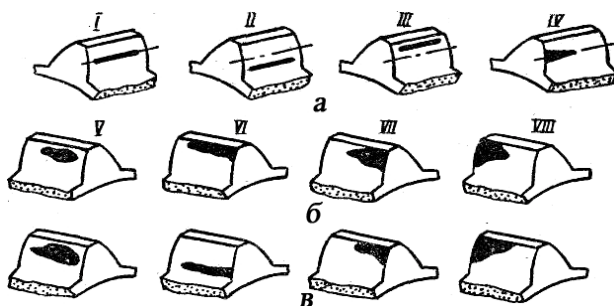


Рис. 2.48. Перевірка правильності контакту зубчастих коліс «на фарбу»:

а — циліндричних; *б* — конічних зубів ведучої шестірні; *в* — конічних зубів веденої шестірні; *I* — нормальна міжцентрова відстань; *II* — зменшена; *III* — збільшена, *IV* — перекіс осей; *V* — нормальне зачеплення; *VI*, *VII*, *VIII* — неправильне зачеплення

Складання шпонкових і шліцьових з'єднань. Застосовують три основних види шпонкових з'єднань — з призматичною (звичайною), сегментною і клиноподібною шпонками. Під час складання шпонкових з'єднань перших двох видів особливу увагу приділяють припасуванню шпонки за торцями і зазором за її зовнішнім боком. Оскільки через торці шпонок передаються крутні моменти, вони повинні бути дуже точно підігнані за шпонковим пазом спряженої деталі. Клиноподібні шпонки мають входити у пази спряжених деталей за висотою, між боковими гранями має бути зазор.

Під час складання нерухомих шліцьових з'єднань (натяг 0,03–0,04 мм) охоплюючу деталь шестірню нагрівають до 90–120 °С, а потім запресовують на вал до упору. У випадку рухомої посадки шестерні на шліцьовому валу вона має вільно переміщуватися валом без заїдань.

Складання конусних з'єднань виконують, звертаючи особливу увагу на прилягання конусних поверхонь. Тому його починають, із підбирання охоплюючої деталі за конусом вала, перевіряючи якість спряження «на фарбу», на кочення і за глибиною посадки на валу. Конусні з'єднання складають таким чином, щоб між торцями охоплюючої і охопленої деталей залишався зазор для затягування з'єднання і наступного його підтягування.

Балансування деталей і вузлів машин. Цій операції підлягають вироби із значними обертальними масами і великими кутовими швидкостями (колінчасті вали з маховиками, карданні вали, молотильні барабани тощо).

Внаслідок механічної незрівноваженості деталей виникають додаткові динамічні зусилля, які діють на вальниці та інші опори деталей. Все це призводить до вібрацій і, як наслідок, прискореного зношування спряжень і руйнування деталей. Для зрівноважування обертального тіла слід виконати дві умови: центр мас має знаходитися на геометричній осі обертання; вісь обертання — бути головною віссю інерції.

Ці умови витримують під час проектування і виготовлення машин, проте у процесі експлуатації через зношування і деформації деталей, а також ремонтні впливи порушуються умови зрівноваження. Тому обертальні елементи ремонттованих об'єктів мають бути обов'язково збалансованими.

Розрізняють статичну і динамічну незрівноваженість (балансування). Статична незрівноваженість деталі — це незбігання її центра тяжіння з віссю обертання. Наприклад, якщо до ідеально (теоретично) зрівноваженого тіла (рис. 2.49) на відстані R_H від центра обертання O прикріпити тягарець масою m_H , то центр тяжіння його зміститься у бік вантажу. Виникає статична незрівноваженість, яка під час обертання тіла викликає дію відцентрової сили:

$$P_H = m_H R_H \omega^2, \quad (2.56)$$

де ω — колова швидкість тіла.

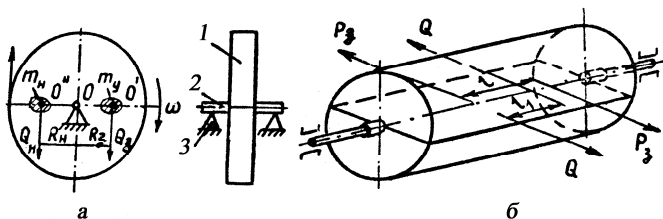


Рис. 2.49. Схема зрівноваження деталей під час балансування:
а — статичного; б — динамічного; 1 — деталь; 2 — оправка; 3 — опора

Для усунення цього виду незрівноваженості застосовують статичне балансування деталей і вузлів. Деталь 1 насаджують на гладеньку, точно оброблену і зрівноважену оправку 2, яку встановлюють на паралельні, чітко горизонтальні опори з малим тертям (призми або вальниці). Під дією незрівноваженої маси деталь довільно повернеться і встановиться так, що маса знаходитиметься у крайньому нижньому положенні. Виявивши місце концентрації незрівноваженої маси (O''),

необхідно у діаметрально протилежній точці (О') на відстані R_3 прикріпити тягарець масою m_3 . У цьому випадку деталь знаходиться в умовах рівноваги:

$$\Sigma M_o = Q_H R_H - Q_3 R_3 = 0 \quad (2.57)$$

Звідси маса зрівноваженого тягарця:

$$Q_3 = Q_H \frac{R_H}{R_3}, \quad (2.58)$$

Із наведеної залежності бачимо, що статична невіднобалансованість не залежить від довжини, а тільки від діаметра деталі. Тому статичне балансування виконують для деталей (вузлів) з відносно великим діаметром і малою довжиною (маховики, шків, диски тощо) шляхом знімання металу, вкручування штифтів, встановлення додаткових шайб, пересування спеціальних тягарців.

Динамічна незрівноваженість виникає, якщо вісь обертання (вузла) не збігається з головною віссю інерції. Під час обертання вала (рис. 2.49б) незрівноважені (за довжиною) маси викликають дію пари сил Ql , яка намагається повернути вісь вала на деякий кут, тобто зміщує головну вісь інерції відносно осі інерції. Зрівноважується момент цієї пари іншою парою сил, прикладеною у тій самій площині:

$$Ql_1 = P_3 l \quad (2.59)$$

де P_3 — зовнішня зрівноважувальна сила;

l — відстань (плече) пари зрівноважувальних сил.

Динамічному балансуванню підлягають деталі з великою довжиною і невеликим діаметром (колінчасті і карданні вали тощо). Динамічне балансування виконують на спеціальних балансувальних машинах.

2.10. Обкатування і випробування вузлів, агрегатів та машин

Обкатування і випробування об'єктів ремонту після складання — завершальні і особливо відповідальні операції ремонту. Обкатування досягають взаємного припрацювання тертьових поверхонь деталей для підготовки їх до роботи з нормальним робочим навантаженням.

До причин, які викликають необхідність обкатування вузлів, агрегатів і машин належать такі.

1. Поверхні деталей спряжень мають мікронерівності. При цьому площа фактичної опорної поверхні значно менша номінальної, а отже, і питомі тиски мають великі значення. У процесі роботи рухомого спряження у міру руйнування нерівностей тертьових поверхонь площа їх контакту збільшується, питомий тиск зменшується і разом з цим знижується швидкість зношування.

Виготовлені деталі, що надходять на складання, мають спотворення форми (у межах допуску). У процесі складання вузла і агрегату внаслідок накладання похибок виникають порушення взаємного розміщення деталей. Похибки форми і порушення взаємного розміщення деталей можуть збільшуватися під час складання внаслідок затягування кріпильних деталей. Наприклад, овальність гільз циліндрів двигунів після складання у 2–3 рази перевищує технічні вимоги на овальність, прийняті заводом-виготівником.

Під час ремонту машин виникають додаткові причини, які викликають збільшення напруженості роботи спряження, оскільки на складання надходять нові, відновлені, а також ті, що були в експлуатації придатні деталі.

Через шорсткість і хвилястість поверхонь спряжених деталей, наявності похибок форми та їх взаємного розміщення початковий період роботи спряжене є напруженим, викликає підвищення температури, можливе schoплювання, форсоване зношування.

У цьому разі можуть руйнуватися глибокі шари поверхонь деталей, що призводить до підвищеної інтенсивності зношування, а іноді і до аварійного руйнування. Для забезпечення мінімального знімання металу з поверхонь деталей у початковий, найважчий і найнапруженіший період їх роботи необхідно створити особливі умови роботи спряжень у цей період, щоб за найкоротший час припрацювались спряжені деталі.

Припрацювання спряжених деталей характеризується зміною геометрії поверхонь тертя і фізико-механічних властивостей шарів матеріалу у початковий період.

Основне припрацювання спряжених поверхонь виникає у перші 2–3 год і закінчується для двигунів через 50–60, а для агрегатів трансмісії — через 100–120 год. Його виконують за два етапи: перший — обкатуванням на ремонтному підприємстві і другий — обкатуванням в експлуатаційних умовах під час роботи з неповним навантаженням.

Обкатування вузлів, агрегатів і машин (масляного і паливного насосів, гідронасоса, коробки передач, ведучих мостів тощо) на ремонтному підприємстві виконують на спеціальних стендах, на яких

створюють попередньо задані режими роботи. Тривалість і режими обкатування встановлюються нормативно-технічною документацією. Обкатування в експлуатаційних умовах виконують відповідно до вказівок інструкції з експлуатації машини цієї марки.

Випробування — це контрольна операція, яка оцінює якість ремонту. Під час випробування визначають основні показники роботи об'єктів ремонту, наприклад потужність і питому витрату палива двигуном, продуктивність і об'ємний к.к.д. гідронасоса згідно з чинними технічними вимогами.

Випробування виконують після достатнього припрацювання поверхонь тертя на режимах, які не викличуть руйнування поверхонь від перевантаження. У період обкатування і випробування виявляють дефекти, допущені під час складання, а також перевіряють і регулюють деякі механізми (зазор між клапаном і штовхачем, момент впорскування у паливному насосі тощо).

2.11. Фарбування машин

Загальні відомості. Метою фарбування машин та їх складових частин є створення лакофарбових покриттів (ЛФП) на металевих і дерев'яних поверхнях для захисту їх від впливу навколишнього середовища, корозії металу і гниття деревини, а також для декоративного оформлення виробів і забезпечення їх відповідності вимогам технічної естетики. Деталі сільськогосподарської техніки, металеві конструкції, вузли і деталі верстатів, підймальних, транспортних й інших машин, металеві частини апаратів і приладів піддаються корозії.

Під терміном корозія слід розуміти процес руйнування металу під впливом хімічної або електрохімічної дії від зовнішнього середовища та результати цього процесу. Результатом корозії є утворення на поверхні міді зеленого нальоту, поява на виробах із залізо-вуглецевих сплавів іржі або окалини. Корозія знижує міцність і пластичність металевих матеріалів, збільшує тертя в сполученнях між рухомими частинами машин, механізмів і пристроїв

Нанесення на поверхню виробу лакофарбових покриттів є одним з порівняно простих і дешевих способів боротьби з корозією. Лакофарбові покриття мають низку переваг перед іншими видами захисних покриттів: довговічніші, їх можна наносити на важкодоступні поверхні і на великі поверхні, що важко, а інколи і неможливо для інших видів покриттів.

Фарбування машин, їх складаних одиниць і деталей після ремонту є завершальним етапом ремонтно-обслуговочих дій. Від якості фарбування залежить термін служби машини, а також її то-

варний вигляд. Захист поверхні фарбуванням може бути надійним лише за умови суцільного, міцного шару покриття, що не має яких-небудь пошкоджень.

Стійкість лакофарбових покриттів, тобто надійність фарбування залежить від зовнішніх факторів, що спричиняють руйнування фарбового шару, а також від рівня технологічного процесу фарбування. До суттєвих недоліків в організації і технології фарбування машин та їх складових частин слід віднести:

- недотримання технології фарбування, невиконання багатьох операцій, передбачених технологією, через відсутність технологічного обладнання або неможливості установки його на наявних виробничих площах;

- порушення технологічних режимів, особливо режимів сушіння;

- використання лакофарбових матеріалів, які не відповідають вимогам нормативно-технічної документації.

- Точне дотримання технологічного процесу сприяє суттєвому обмеженню впливу шкідливих дій і збільшує термін служби покриття.

Під дією перепаду температур і атмосферних опадів, сонячної радіації, різних видів забруднень, механічних дій і ін. лакофарбові покриття сільськогосподарської техніки необоротно втрачають свої механічні і фізико-хімічні властивості, що, в свою чергу, приводить до їх старіння і руйнування.

Основною причиною старіння лакофарбових покриттів сільськогосподарської техніки є хімічні процеси, що спричиняють руйнування структури (деструкцію) лакофарбового покриття. Деструкція лакофарбового покриття є розривом ланцюгів макромолекул, зменшенням їх розміру, руйнуванням макромолекул тощо. При цьому водночас з хімічними процесами відбувається подальша полімеризація (структуризація) лакофарбового покриття, що призводить до підвищення твердості і зниження пластичності плівки. Крім цього, на пофарбованій поверхні відбуваються процеси електрохімічної корозії.

Лакофарбові покриття сільськогосподарських машин руйнуються також під дією фізичних процесів: вібрацій і ударів, розтріскування покриття внаслідок різних коефіцієнтів теплового розширення плівки і пофарбованого металу, ерозійної дії ґрунту, пилу, оброблюваного матеріалу, впливу опадів і інших атмосферних явищ.

Характерними ознаками початку старіння лакофарбових покриттів є втрата блиску і процес миління, який виявляється в тому, що на пофарбованій поверхні з'являється білий порошок, що легко

видаляється під час протирання і є найдрібнішими частинками пігменту, що входить до складу лакофарбового покриття.

Пошкоджені в процесі експлуатації техніки лакофарбові покриття мають бути відновлені. Фарбування рекомендується проводити в приміщеннях, спеціальних камерах або на витяжних ґратах, захищених від потрапляння пилу, бруду і вологи. Температура повітря в приміщенні має бути не нижче 15 °С; відносна вологість – не вище 70%. Відновлюючи лакофарбові покриття, рекомендується враховувати особливості раніше нанесених лакофарбових матеріалів. Підготовка до фарбування полягає у видаленні з поверхні деталей (виробів) окалини, іржі, знятті старої фарби, зачищенні, знежиренні і сушінні. Дефекти поверхонь (вм'ятини, подряпини тощо) усувають зачищенням ручними, електро- і пневмошліфувальними машинками.

Поверхні облицювання, що мають вм'ятини та інші дефекти, мають бути відрихтовані і виправлені, за потреби – зашпакльовані.

Внутрішні поверхні деталей обшивки і складанні одиниці, що не піддаються прямій дії атмосферних опадів, сонячних променів і вітру, мають бути пофарбовані емаллю в один шар по ґрунту або двома шарами емалі. Зовнішні поверхні складаних одиниць, що піддаються прямій дії атмосферних опадів, сонячних променів і вітру, мають бути пофарбовані емаллю в два шари по ґрунту.

Маслянки, торці отворів для змащування, лопаті крильчатки вентилятора мають бути пофарбовані в яскравий колір, що відрізняється від основного кольору фарбування.

Дерев'яні деталі перед фарбуванням слід очистити від напливів клею, смоли, стружки і забруднень за допомогою наждачного паперу. Поверхні деталей, що не підлягають фарбуванню, мають бути ізольовані заглушками, поліетиленовими чохлами, полімерними інгібіруваними покриттями, що знімаються, або парафінованим папером. Поверхні, що труться, і не підлягають фарбуванню мають бути змащені солідолом.

Технологічний процес фарбування має відбуватися за такою схемою: нанесення шару ґрунту відповідної в'язкості товщиною 15мкм (для поверхонь, не оброблених ґрунтом-модифікатором), сушіння, ішпаклювання (за необхідності), сушіння, шліфування наждачним папером вручну або за допомогою спеціальної шліфувальної машини (за необхідності), нанесення першого шару фарби, сушіння, нанесення другого шару фарби (за необхідності), сушіння.

Загальна товщина лакофарбового покриття в середньому має становити 100 мкм. За збільшення товщини шару прискорюється руйнування покриття внаслідок вібрації пофарбованих поверхонь і різких температурних коливань. Шар меншої товщини швидше зношується і не забезпечує захисту пофарбованої поверхні від корозії.

Оснoву технології фарбування машин, вузлів і деталей становить підготовка поверхонь до фарбування і виконання операцій послідовного нанесення шарів лакофарбових покриттів. На різних стадіях процесу фарбування можуть бути використані різні технологічні способи, застосування яких залежить від призначення операції, конструктивних особливостей виробу і потреби в місцевому або загальному фарбуванні, а також від програми ремонтного виробництва і його спеціалізації.

Агрегати і деякі інші складові частини машин (двигун, мости, рама тощо) фарбують до установки їх на машину. Кабіну, капоти і інші зовнішні складові частини машин заздалегідь ґрунтують, а потім проводять двошарове фарбування і обробні роботи – нанесення надписів, наклеювання декалькоманії тощо.

Характерною особливістю виробництва і ремонту сільськогосподарських машин є те, що багато машин транспортують у частково розібраному вигляді, а збирають вже на місці. У цих випадках на підприємствах цикл виготовлення або ремонту машин закінчується фарбуванням вузлів. Комбайни, трактори і деякі інші машини остаточно фарбують після їх остаточного складання. Організація робіт у таких випадках передбачає первинне фарбування вузлів, що надходять на складання, і повний цикл покриття тих вузлів, які після складання стануть недоступні для нанесення фарби.

Вибір методу підготовки поверхні до фарбування. Міцність, довговічність, зовнішній вигляд лакофарбового покриття багато в чому залежать від якості підготовки поверхні. Перед фарбуванням поверхня має бути очищена від жирових забруднень, засобів консервації, залишків змащувально-охолоджувальних рідин, іржі, окалини, неорганічних солей, пилу та інших забруднень. Що агресивніше середовище, в якому експлуатуються покриття, то ретельніше має бути підготовлено поверхню. Окалина, іржа, різні забруднення спричиняють порушення міцності зчеплення лакофарбового покриття з поверхнею виробу і врешті-решт призводять до передчасного руйнування покриття.

Вибираючи той або інший метод підготовки поверхні до фарбування слід враховувати розміри і масу виробу, його форму, а також характер забруднень, умови експлуатації, тип виробництва і техніко-економічну доцільність.

Під час вибору методу підготовки поверхні слід мати на увазі, що економія, досягнута шляхом зниження якості обробки, може в подальшому обернутися збитками через зменшення терміну служби покриття.

Мінімальна товщина лакофарбового покриття має на 20% перевищувати максимальну висоту мікронерівностей. Величина шор-

сткості поверхні, допустима для фарбування, не має перевищувати 40 мкм. Шорсткіша поверхня призводить до підвищеної витрати лакофарбових матеріалів, при цьому термін служби покриття не збільшується.

Вибираючи метод оброблення поверхні, слід враховувати величину показника доступності поверхні. Його визначають як добуток амплітуди голки профілографа на кількість її коливань, що припадає на одиницю довжини.

Шорсткість поверхні залежить від таких технологічних факторів: гранулометричний склад, твердість і швидкість подачі абразиву під час абразивної обробки; склад полірувальних паст і режими полірування; склад травильних розчинів і режими травлення; тип щіток і технологія обробки щітками і так далі (табл. 2.10).

Таблиця 2.10

Шорсткість поверхні, показник доступності і адгезія, обробки, що досягаються за різних способів обробки

Матеріал і спосіб обробки	Шорсткість поверхні		Показник доступності	Адгезія, г/см (для ЕП-0010)
	Rz	Ra		
Сталь оброблена: наждачним папером	0,3-20	0,06-5,0	-	-
	2,0-32,0	0,4-8,0	90,4	463
	4,0-16,0	0,8-4,0	-	468
	10,0-30,0	2,5-7,5	-	-
Сталь, піддана обробці:				
	дробоструйний	5,0-50,0	27,9	382
	дробеметний	30,0-80,0	15,2	-
	гідропескоструйний	1,2-20,0	-	475
газополуменевий	80,0-200,0	20,0-50,0	-	-
Жерсть чорна: полірована	0,2-0,32	0,04-0,63	5,6	-
	1,0-12,0	0,2-3,0	12,1	133
	30,0-75,0	7,15-18,5	14,8	-
додатково фосфатована				

Вибираючи метод підготовки поверхні під фарбування, слід мати на увазі такі обставини:

- найбільш поширеними і часто вживаними є механічні і хімічні (фізико-хімічні) методи підготовки поверхні. Термічні і електричні методи використовують рідше через їх значну енергоємність;

- дробоструйний і дробометний методи обробки допускається застосовувати для поверхонь з товщиною стінки не менше 3 мм, а газополуменовий – за товщини стінки не менше 6 мм;

- вибираючи хімічні методи підготовки поверхні, слід враховувати можливість організації процесу нейтралізації відпрацьованих травильних розчинів і стоків;

- після травлення слід ретельно змити з поверхні виробу залишки солей і кислот;

- для травлення сталевого прокату із зварними з'єднаннями допускається використання розчинів фосфорної кислоти;

- для знежирення алюмінію не допускається застосовувати сильнолужні ($R_n=12-14$) розчини;

- зварні шви за всіх методів обробки мають бути додатково зачищені і захищені фосфатовими та іншими ґрунтовками;

- під час фосфатування виробів із зварними з'єднаннями необхідно контролювати характеристики міцності зварних швів.

Фосфатування застосовують для підвищення антикорозійних властивостей поверхонь і поліпшення адгезії лакофарбового покриття виробів із сталі (в т.ч. оцинкованої). Як результат фосфатування на поверхні виробу утворюється тонкий фосфатний шар масою 3–8 г/м² – фосфатна плівка. Фосфатна плівка може бути отримана зануренням виробу у ванну з фосфатовим розчином або нанесенням розчину розпиленням у струминній камері, а також як результат електрохімічних процесів.

Склад і якість фосфатного шару зумовляються: хімічним складом оброблюваної поверхні і способом її попередньої обробки; складом фосфатового розчину і його температурою; способом подачі розчину; тривалістю обробки тощо. Фосфатний шар, утворений розпиленням, зазвичай, характеризується більшою щільністю і рівномірністю за товщиною, однак струменевий метод є економічно вигідним лише під час оброблення великої кількості виробів.

Фосфатування здійснюють в розчині, складеному на основі фосфорнокислих солей лужних металів або амонію із наступним утворенням на поверхні виробу аморфного залізофосфатного шару, і в цинкофосфатних розчинах із наступним утворенням на поверхні виробу кристалічного цинкофосфатного шару. Основними компонентами цинкофосфатних розчинів є азотна і фосфорна кислоти, а також монофосфат цинку.

Цинкофосфатні покриття відрізняються більшою корозійною стійкістю порівняно із залізофосфатними, які, в свою чергу, характеризуються кращою опірністю деформаційним впливам і кращою адгезією до металевих поверхонь.

Фосфатні покриття мають бути рівномірними за товщиною, щільними, дрібнокристалічними і за масою не перевищувати 5,0 г/м². Збільшення маси покриття, зазвичай знижує його здатність витримувати деформації, а збільшення міри кристалічності і значна кількість шламу на поверхні можуть, зрештою, призвести до спучення лакофарбового покриття під дією вологи.

Однією з головних умов утворення якісного фосфатного шару є ретельне видалення з поверхні забруднень і продуктів корозії.

Вибір лакофарбових покриттів. Лакофарбове покриття є плівкою, що утворюється після затвердіння (висихання) одного або декількох шарів лакофарбового матеріалу, нанесених на підготовлену поверхню виробу.

Лакофарбовими матеріалами є багатокомпонентні склади, здатні у разі нанесення тонким шаром на поверхню виробу, висихати з утворенням плівки, утримуваної силами адгезії.

У ремонтному виробництві лакофарбові матеріали застосовують для відновлення декоративних, захисних і електроізоляційних покриттів на виробках, виготовлених як з металів, так і з неметалічних матеріалів.

Лакофарбові покриття класифікують на вигляд і за умовами експлуатації. За зовнішнім виглядом покриття ділять на сім класів залежно від міри блиску, кількості на поверхні сторонніх домішок, патьоків, різновідтінковості і хвилястості. За умовами експлуатації лакофарбові покриття розділяють на стійкі до дії кліматичних факторів і стійкі в особливих середовищах. Установлено групи умов експлуатації залежно від основного місця знаходження пофарбованих виробів і стійкості покриттів до впливу сукупності кліматичних факторів.

Відповідно до класифікації за стійкістю в особливих середовищах, лакофарбові покриття підрозділяють на такі групи: водостійкі (стійкі до дії прісної і морської води, а також їх парів), мастило- і бензостійкі (стійкі до дії мінеральних олив і мастил, бензину, гасу та інших нафтопродуктів), хімічностійкі (стійкі до дії агресивних газів, пари, рідин, різних хімічних реагентів, а також розчинів лугів і кислот), термостійкі (стійкі до підвищених температур від 60 до 500 °С), електроізоляційні (стійкі до дії поверхневих розрядів), спеціальні (стійкі до дії відкритого полум'я, рентгенівського та інших видів опромінення, біологічній дії і що працюють в умовах глибокого холоду).

Вибираючи лакофарбові матеріали, слід враховувати їх здатність забезпечити захист пофарбованих поверхонь в конкретних умовах експлуатації техніки. Слід мати на увазі, що сільськогосподарська техніка експлуатується в умовах підвищеної запиленості, де можуть міститися агресивні речовини (добрива, хімікати) і часто

зберігається на відкритих майданчиках, зазнаючи температурних коливань, дії опадів і інших атмосферних явищ.

Для утворення захисних, декоративних і електроізоляційних покриттів на виробах використовують, як правило, декілька лакофарбових матеріалів. Таке поєднання послідовно нанесених лакофарбових матеріалів різного цільового призначення називають системою покриттів.

Основними шарами лакофарбового покриття є: ґрунтувальний, який наносять безпосередньо на підготовлену поверхню; шпаклювальний, який наносять на шар ґрунтівки для вирівнювання поверхні і заповнення пір; покривний шар, що утворюється після нанесення покривних матеріалів (емалі, фарби, лаки).

Вихідними компонентами під час виготовлення лакофарбових матеріалів є: плівкоутворюючі речовини (природні і синтетичні смоли, рослинні олії); леткі рідини органічного походження, розчинювальні жири і смоли (розчинники); фарбувальні речовини мінерального походження і органічні барвники (пігменти); пластифікатори; наповнювачі (крейда, каолін, тальк, барит). Крім того, до складу лакофарбових матеріалів можуть входити отверджувачі, каталізатори, сикативи, ініціатори і прискорювачі полімеризації, а також емульгатори.

Плівкоутворювачі значною мірою впливають на основні властивості лакофарбового матеріалу (адгезію, механічну міцність і стійкість до фізичних і хімічних дій зовнішнього середовища). Плівкоутворювачі, будучи в більшості випадків органічними речовинами типу олігомерів або полімерів з порівняно невеликою молекулярною вагою, надають лакофарбовому матеріалу здатність до утворення плівки. До складу деяких лакофарбових матеріалів входять два і більше плівкоутворювачів.

Залежно від здатності зберігати первинні властивості в процесі утворення плівки (плавкість, розчинність) або внаслідок хімічних процесів переходити в необоротний (неплавкий і нерозчинний) стан, плівкоутворювачі підрозділяють на нетвердіючі (термопластичні) і твердіючі (термореактивні).

Плівкоутворювачі є змочувальним дисперсним середовищем, що дозволяє скріплювати частинки різних нерозчинних порошкоподібних компонентів (пігментів, наповнювачів тощо) в плівці.

Наповнювачі є продуктами природного походження і вводяться в склад з метою здешевлення лакофарбового покриття, а також поліпшення міцносних, захисних властивостей покриттів та їх термостійкості.

Всі лакофарбові матеріали класифікують за трьома ознаками:

- за видом: лаки, фарби, порошкові фарби, емалі, ґрунтівки, шпаклівки;

- за хімічним складом смол, масел, ефірів целюлози, що входять у плівкоутворюючі речовини: гліфталеві (ГФ), пентафталеві (ПФ), меламінні (МЛ), сечовинні (МЧ), фенольні (ФЛ), епоксидні (ЕП), алкідно- і масляностирольні (МС), поліуретанові (УР), нітроцелюлозні (НЦ), перхлорвінілові (ХВ), кремнійорганічні (КО), бітумні (БТ) та інші;

- за переважним призначенням, тобто стосовно умов експлуатації лакофарбових покриттів: атмосферостійкі (позначення – 1), обмежено атмосферостійкі (2), водостійкі (4), спеціальні (5), маслобензостійкі (6), хімічно стійкі (7), термостійкі (8), електроізоляційні (9), ґрунтівки (0), шпаклівки (00).

Вибираючи лакофарбовий матеріал для того або іншого покриття, керуються не тільки захисними, але і технологічними властивостями матеріалу, тобто можливістю нанести його тим або іншим методом на поверхню виробу, режимами сушіння і так далі.

Покривний матеріал вибирають залежно від умов експлуатації і необхідного зовнішнього вигляду виробу. Тип ґрунтовки вибирають з урахуванням особливостей металу, який необхідно пофарбувати, покривного матеріалу і умов експлуатації виробу; шпаклівки вибирають залежно від типу ґрунтовки і покривного матеріалу; кількість покривних шарів вибирається залежно від призначення системи покриття і умов експлуатації виробу. Шляхом відповідного вибору ґрунтувальних і шпаклювальних матеріалів у поєднанні з одними і тими самими покривними матеріалами можна в широких межах варіювати експлуатаційні властивості системи покриттів. Термін служби покриття значно залежить від підготовки поверхні під фарбування.

Під час фарбувальних робіт особливу увагу слід приділяти вибору лакофарбових покриттів для захисту місць з'єднань деталей в конструкції. За наявності зазорів і контакту різномірних металів, а також за наявності електролітів можлива контактна корозія, яка призводить до інтенсивного руйнування металу з більш від'ємним електродним потенціалом. Для захисту від контактної корозії на поверхні контактованих деталей, створюють фосфатні плівки, наносять щільні шари лакофарбового покриття, а також використовують епоксидні шпаклівки, герметики або водонепроникні мастики.

Після газополуменевого зварювання метал у ділянці зварного шва характеризується зниженою корозійною стійкістю. Для її підвищення і поліпшення адгезії лакофарбового покриття зварний шов перед фарбуванням слід зачистити від окалини механічним інструментом.

Місця з'єднань деталей, виконаних точковим зварюванням, паянням, зварюванням плавленням, слід захищати найретельніше, оскільки корозійні процеси особливо інтенсивно відбуваються в зазорах і щілинах, де волога і електроліти затримуються тривалий час. Внутрішні порожнини деталей, що зварюються точковим або роликковим електрозварюванням, слід заздалегідь покрити шаром пасивувальної ґрунтівки, після чого провести зварювання по сирій ґрунтівці.

Деякі з компонентів лакофарбових матеріалів (отверджувачі, каталізатори тощо) вводять до складу незадовго до його застосування або в процесі нанесення на поверхню внаслідок обмеженого терміну придатності отримуваної суміші.

Вибір того або іншого покриття (системи покриттів) для поверхонь виробу і виконання технологічного процесу фарбування багато в чому залежать від властивостей лакофарбових матеріалів і вживаного методу нанесення покриття.

Існують такі методи нанесення лакофарбових матеріалів на поверхню виробу: пневматичним розпиленням (найбільш поширений), електроосадженням, розпиленням в електричному полі, струменевим обливом, зануренням, валиками, щіткою, шпателем та іншими методами. Деякі з цих методів високопродуктивні, але не завжди дозволяють отримати високоякісне покриття або зв'язані з використанням дорогого технологічного обладнання.

Вибір методу нанесення лакофарбових матеріалів залежить від розмірів і складності конфігурації виробів, вимог, що ставляться до якості покриття виробів, від хімічних і технологічних властивостей лакофарбового матеріалу, від типу виробництва (кількості виробів, що підлягають фарбуванню), від економічної доцільності та інших факторів.

Фарбування пневматичним розпиленням. Суть цього методу полягає в тому, що лакофарбовий матеріал розпилюється стислим повітрям на найдрібніші частинки і рівномірним шаром наноситься на поверхню виробу.

Метод нанесення лакофарбових покриттів пневматичним розпиленням дозволяє фарбувати вироби складної конфігурації і будь-яких габаритних розмірів за досить високої продуктивності процесу (у 4–5 разів вище, ніж у разі фарбування кистю). До недоліків методу належать: втрати на туманоутворення від 20 до 25% і, як наслідок, значні питомі витрати фарбувальних матеріалів; потреба застосування спеціальних фарбувальних камер із пристроями для витяжки і очищення повітря, що викидається в атмосферу, забрудненого фарбовим туманом; небезпека щодо пожежі.

Пневматичне розпилення застосовують без нагріву і з нагрівом.

Метод розпилення без нагрівання дозволяє наносити лакофарбові матеріали на основі майже всіх видів плівкоутворювачів і застосовується під час фарбування виробів різної конфігурації (за винятком виробів з внутрішніми порожнинами).

Установка для пневматичного розпилення складається з компресора (якщо відсутня централізована лінія подачі стислого повітря), масло волого відокремлювача, бака з редуктором і перемішувальним пристроєм, шлангів для подавання стислого повітря і фарби, фарборозпилювача.

Для пневматичного розпилення лакофарбового матеріалу і нанесення його на поверхню застосовують фарборозпилювачі середнього тиску (0,25-0,55 МПа) і низького тиску (до 0,15 МПа). Фарборозпилювачі низького тиску у виробничих умовах практично не використовують.

Основною частиною фарборозпилювачів є розпилювальна головка, забезпечена двома трубками із спільною віссю (рис. 2.50).

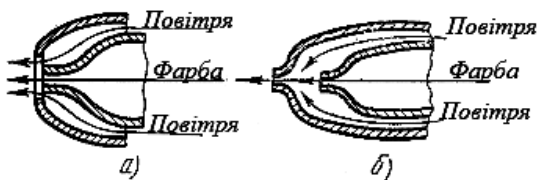


Рис. 2.50. Схеми розпилювальних головок:

а – зовнішнього змішування; б – внутрішнього змішування

Фарба надходить у головку внутрішньою трубкою (матеріальним соплом), а стисле повітря, що створює розрідження біля виходу з головки, – зовнішньою трубкою (повітряним соплом). Як результат змішування фарба потрапляє в струмінь стислого повітря, яке, розширюючись, розбиває фарбу на дрібні часточки і захоплює за собою.

У разі потрапляння на поверхню виробу краплі лакофарбового матеріалу зливаються, утворюючи суцільний шар. Залежно від місця змішення лакофарбового матеріалу із стислим повітрям розрізняють розпилювальні головки зовнішнього (рис. 2.50а) і внутрішнього змішування (рис. 2.50б).

Існують різні за конструкцією розпилювальні головки, які формують струмінь факела фарбування різної конфігурації (рис. 2.51). Струмінь факела з круглим відбитком створює розпилювальна головка, що має сопло з круглим отвором, який співісний трохи виступаючому із нього матеріальному соплу. Головки такого типу

застосовують для фарбування складних рельєфних поверхонь і дрібних виробів.

Плоский струмінь, утворюючий на фарбованій поверхні, овальний відбиток, створює головка, в якій окрім центрального отвору, призначеного для того, щоб розпилювати лакофарбовувальний матеріал, є два бокових, призначених для обтискання стислим повітрям, що виходить з них, струменя факела (головка повітряного обтискання струменя).

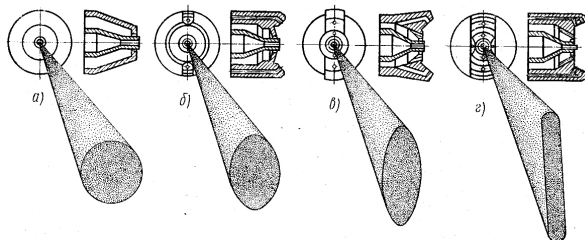


Рис. 2.51. Розпилювальні головки пневмофарборозпилювачів, форми струменя і відбитки факелів:

а – головка без додаткових отворів; *б* – головка із двома додатковими отворами; *в* – головка із чотирма додатковими отворами; *з* – головка із вісьма додатковими отворами

Для отримання відбитків у вигляді витягнутого овалу і плоского прямокутника застосовують розпилювальні головки із чотирма і вісьма додатковими повітряними отворами, просвердленими під різними кутами. Розпилювальні головки, в яких є повітряні бокові отвори, розташовані під невеликим кутом до осі факела і біля входу матеріального сопла, створюють овальний струмінь із щільнішим факелом, ніж у плоского струменя, і ширшим відбитком факела, ніж у круглого.

На рис. 2.52 показано пневматичний розпилювач середнього тиску зовнішнього розпилювання. Стисле повітря подається до каналу рукоятки через штуцер 4. Лакофарбовий матеріал надходить з посудини 3, а в разі фарбуванні великих поверхонь – з фарбонагнітального бака через штуцер 7. За слабого натиснення на керувальний гачок 5, голка 6 відходить назад і при цьому відкриває повітряний клапан, що знаходиться у верхній частині рукоятки фарборозпилювача. Стисле повітря через канал і клапан регулювання подачі повітря потрапляє в систему розподільної і кільцевих камер, а також повітряних отворів. За подальшого натиснення на керуючий гачок, кінець голки 6 відкриває отвір матеріального сопла 1 із гайкою 2 для подавання і розпилення лакофарбового матеріалу.

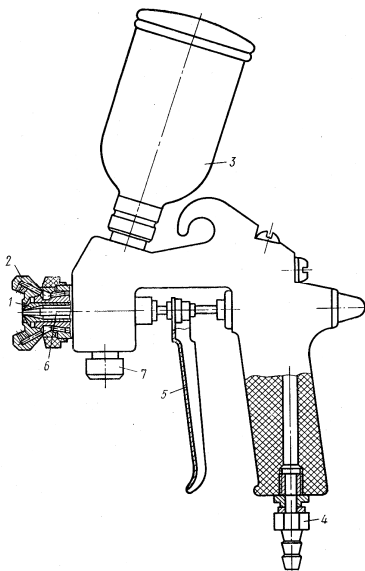


Рис. 2.52. Фарборозпилювач КРУ-1

Під час використання фарборозпилювачів деяка частина лакофарбового матеріалу не долітає до поверхні фарбованого виробу або відбивається від неї, утворюючи туман з частинок фарби. Щоб більше витрата повітря на розпилення, що вище його тиск, то більше втрати лакофарбового матеріалу.

Фарбування пневматичним розпилюванням проводять у розпилювальних камерах або з використанням установок безкамерного фарбування. Залежно від типу виробництва і організації робіт з фарбування застосовують розпилювальні камери тупикового або прохідного типу.

Фарбування пневматичним розпилюванням з нагрівом лакофарбового матеріалу. Підігрів лакофарбових матеріалів застосовують для зниження їх в'язкості. Як результат підігріву лакофарбові матеріали стають рідшими і відпадає потреба у розбавленні їх дорогими розчинниками, або потреба в них знижується. Шар лакофарбового матеріалу, що наноситься в підігрітому стані, товще за шар, який наносять без підігрівання, тому скорочується кількість шарів покриття і підвищується продуктивність процесу фарбування.

Ступінь падіння в'язкості внаслідок нагріву залежить від плівкоутворюючого компонента, що входить до складу лакофарбового матеріалу. Тому для окремих груп лакофарбових матеріалів рекомендується різна оптимальна початкова в'язкість. На рис. 2.53 вказано температуру лакофарбового матеріалу під час розпилювання на різних відстанях від фарборозпилювача.

У разі розпилювання з нагрівом температура лакофарбового матеріалу не опускається нижче за температуру повітря в робочому приміщенні на відміну від розпилювання без нагріву, при якому температура факела біля поверхні виробу, яку фарбують, на 10-15 °С нижче за початкову температуру розпилюваного матеріалу.

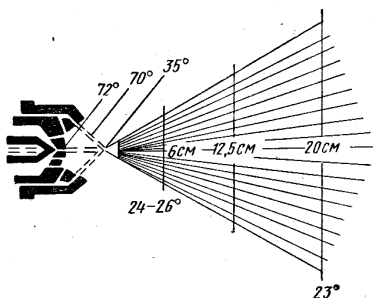


Рис. 2.53. Схема зміни температури лакофарбового матеріалу під час розпилювання на різних відстанях від фарборозпилювача

За корозійною стійкістю і своїми фізико-механічними властивостями покриття, отримані із підігрівом матеріалу, за однакової товщини плівки, не поступаються покриттям з тих самих матеріалів, нанесених без підігрівання і розведених розчинником до робочої в'язкості.

Підігрітий лакофарбовий матеріал, що наноситься на фарбовану поверхню товстим шаром, має кращу текучість, а також збільшується

глянець покриття і усувається можливість конденсації вологи.

Порівняно з розпилюванням без нагрівання метод розпилювання з нагрівом дає можливість застосовувати матеріали з високою в'язкістю і підвищеним вмістом сухого залишку. Зазвичай для розпилювання із нагрівом застосовують лакофарбові матеріали, які в разі нагрівання до певної температури не піддаються хімічним змінам, добре розпилюються і утворюють покриття високої якості. До таких лакофарбових матеріалів належать бітумні лаки, нітроцелюлоза, нітрогліфталеві, гліфталеві лаки і емалі, сечовинні і нітроепоксидні емалі.

Для нанесення нагрітих лакофарбових матеріалів застосовують установки гарячого фарбування.

Фарбування безповітряним розпилюванням із нагрівом і без нагріву лакофарбового матеріалу. Для фарбування безповітряним розпилюванням із нагрівом лакофарбові матеріали нагрівають до 50–100°C і спеціальним насосом подають до розпилювального пристрою під тиском 6–8 МПа. Нагрів лакофарбового матеріалу знижує його поверхневе натягнення і в'язкість, а у поєднанні з високим тиском забезпечує можливість розпилювати матеріали значної в'язкості. Потенційна енергія лакофарбового матеріалу, що знаходиться під високим тиском, виходячи з сопла розпилювача, перетворюється на кінетичну, при цьому швидкість струменя лакофарбового матеріалу перевищує критичну за цієї в'язкості. Факел розпилювання формується за рахунок перепаду тиску на виході лакофарбового матеріалу з сопла розпилювача і подальшого миттєвого випаровування частинки нагрітого розчинника, що супроводжується значним його розширенням. На виході з сопла відбувається дроблення лакофарбового матеріалу на найдрібніші частинки (утворення аерозолі), які, до-

лаючи опір повітря, втрачають свою швидкість і осідають на фарбовану поверхню.

Безповітряним розпилюванням із нагрівом можна наносити алкід, меламіноалкідні, епоксидні, перхлорвінілові, алкідногірляні і масляно-бітумні лакофарбові матеріали з в'язкістю 20–80 с по ВЗ–4 за 18–23 °С. Можна наносити матеріали з підвищеною в'язкістю 60–100 с по ВЗ–4. Під час нагрівання в'язкість знижується до 20–35 с. Цей метод дозволяє отримувати монолітні покриття товщиною до 50–60 мкм за одну технологічну операцію.

Якість отриманого покриття залежить від в'язкості, тиску, температури нагрівання і складу розчинників, а також від конструкції розпилюючого пристрою.

Фарборозпилювач для нанесення покриттів безповітряним розпилюванням із нагрівом лакофарбового матеріалу представлений на рис. 2.54.

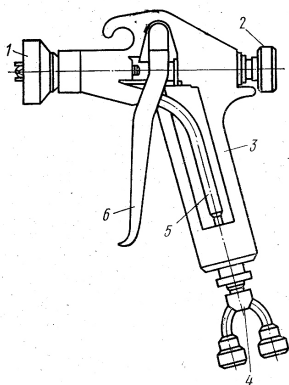


Рис. 2.54. Схема фарборозпилювача високого тиску

Основними частинами фарборозпилювача є корпус 3, розпилювальна головка 1, регулююча втулка 2, поворотний пристрій 4, фарбопровід 5 і спусковий гачок 6. Для фарборозпилювачів цього типу характерна висока герметичність і надійність частин і з'єднань, що підводять лакофарбовий матеріал до сопла, яке виготовляють із зносостійких матеріалів. Набір сопел дозволяє встановлювати витрату лакофарбового матеріалу в межах 200–2000 г/год, а ширину факела фарбування 100–600 мм.

Під час фарбування безповітряним розпилюванням без нагріву лакофарбовий матеріал за 18–23 °С подається до розпилювального пристрою під тиском 10–25 МПа. Методом безповітряного розпилювання без нагріву можна наносити всі основні групи лакофарбових матеріалів (за аналогією з пневматичним розпилюванням) із робочою в'язкістю до 50 с по ВЗ–4 за 18–23°С і отримувати покриття товщиною до 35–40 мкм за одну технологічну операцію. А в деяких випадках, при зниженні якості покриття на вигляд можна розпилювати матеріали з в'язкістю до 150–180 с по ВЗ–4 за 18–23°С і отримувати покриття товщиною 100–150 мкм (здебільшого для шпаклювальних матеріалів).

Режим нанесення лакофарбових матеріалів щодо виробу багато в чому залежить від вибраного розпилювального пристрою. На рис. 2.55 наведено принципову схему розпилювального пристрою для безповітряного розпилювання з нагрівом і без. Розпилювальний пристрій складається з корпусу 1, в який запресовано сопло 2; з другого боку корпусу встановлений прискорювач 3. Простір між соплом і прискорювачем

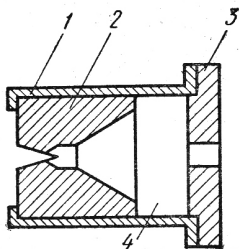


Рис. 2.55. Принципова схема розпилювального пристрою

утворює розширювальну камеру 4.

Існують сопла двох геометричних форм і розмірів: з циліндричним каналом (діаметр каналу 0,25-1,0 мм), що закінчується півсферою; з конічним каналом 45 і 60°. Геометрична форма вихідного отвору визначається типом сопла, глибиною і кутом прорізання вихідного отвору; від цього залежать витрата лакофарбового

матеріалу і ширина відбитка факела.

Прискорювач розпилювального пристрою підбирають за діаметром вихідного отвору сопла. Розмір розширювальної камери залежить від типу сопла, прискорювача і властивостей лакофарбового матеріалу.

Фарбування в електричному полі високої напруги. Метод електрофарбування заснований на перенесенні заряджених часток фарбувального матеріалу в електричному полі високої напруги, що утворюється між двома електродами, одним з яких є коронувальний фарборозпилювальний пристрій, а іншим — фарбований виріб. До фарборозпилювача підводять високу напругу (зазвичай, із позначкою "-"), а виріб заземляють. Фарбувальний матеріал подають на коронувальну кромку фарборозпилювального пристрою, де він набуває заряду із позначкою "-", і тоді розпилюють під дією електричних сил. Потім заряджені частинки лакофарбового матеріалу силовими лініями поля прямують до заземленого виробу і осідають на його поверхні.

Метод застосовують, зазвичай, для фарбування металевих виробів відносно простої конфігурації як на стаціонарних установках, так і ручними електророзпилювачами.

Для фарбування заглиблених ділянок поверхні виробу і збільшення продуктивності фарбування ручними електророзпилювачами використовують пневмоелектричні і електрогідравлічні роз-

пилювачі, що поєднують переваги електророзпилювачів (майже повна відсутність утрат фарби, можливість якісного фарбування ґратчастих виробів тощо) із високою продуктивністю пневматичних і безповітряних розпилювачів.

Для розпилювання в електричному полі придатні лакофарбові матеріали з питомим об'ємним опором $P_v = 10^6 \dots 10^7$ Ом·см і діелектричною проникністю $\epsilon = 6 \dots 10$. Якщо значення P і ϵ виходять за вказані межі, їх можна скоректувати додаванням відповідних розчинників, розрідивши до робочої в'язкості. Електрофарбуванням не можна наносити лакофарбові матеріали, що містять як наповнювачі металеві порошки і двокомпонентні матеріали (епоксидні, поліефірні тощо).

У розрахунках швидкості переміщення розпилювачів, у разі автоматизованого електрофарбування, в першу чергу, слід враховувати такі параметри, як продуктивність розпилювальних головок і розміри статичного відбитка факела. Для відцентрових електророзпилювачів статичним відбитком факела є кільце, геометричні розміри якого залежать від фізичних властивостей лакофарбового матеріалу, конструкції і форми розпилювального пристрою, конфігурації силових ліній і напруженості електричного поля, а також від дистанції між розпилювачем і фарбованою поверхнею.

Витрата лакофарбових матеріалів, що нормально розпилюються в електрополі, становить 60–80 г/м² за подачі 1,5–2 г фарби на 1 см коронуальної кромки.

Сушіння лакофарбових покриттів. Сушіння лакофарбових матеріалів є процесом переходу плівки з рідкого в склоподібний стан. Як результат цього процесу плівка лакофарбового покриття набуває потрібних фізико-механічних і захисних властивостей.

Для термореактивних лакофарбових матеріалів, виготовлених на основі синтетичних смол і рослинних олій (масляні лаки, фенолформальдегідні, меламіноалкідні фарби та ін.) процес висихання складається з випаровування розчинників і наступних хімічних процесів (окиснення, полімеризація), які призводять, врешті-решт, до утворення плівки із необоротною структурою.

Процесом висихання термопластичних матеріалів (нітролак, нітроемалі тощо) є утворення плівки внаслідок випаровування і видалення летких розчинників.

Сушіння лакофарбових покриттів може бути природним (холодне сушіння) або штучним (гаряче сушіння).

Сушіння лакофарбових покриттів називається природним, якщо його проводять в робочому приміщенні або на відкритому майданчику за температури 15–20 °С. Якщо нанесені на вироби лакофарбові матеріали сушать у сушильних пристроях за підвищеної температури, то сушіння називається штучним.

Для термопластичних матеріалів прийнятніше природне сушіння, що відбувається досить швидко; до штучного сушіння таких матеріалів вдаються рідко, коли потрібно прискорити процес зміцнення плівки. Процес природного сушіння інших лакофарбових матеріалів відбувається порівняно повільно: від 18 до 24 годин, а в деяких випадках і довше.

Крім того, за природного (холодного) сушіння слід дотримуватися таких технологічних вимог: температура повітря в робочих приміщеннях не має бути нижче $+15^{\circ}\text{C}$ за відносної вологості повітря не вище 65%; відсутність запиленості, наявність достатнього повітрообміну, що унеможливує виникнення граничної концентрації пари органічних розчинників.

Для цілої низки емалей природне сушіння взагалі не застосовують, оскільки вони не можуть утворити тверду і механічно міцну плівку за $18\text{--}25^{\circ}\text{C}$. Тому здебільшого лакофарбові покриття піддають штучному (гарячому) сушінню.

Існує три основні способи штучного сушіння: конвекційний, терморадіаційний і індукційний.

Спосіб конвекційного сушіння полягає в нагріванні пофарбованих виробів у спеціальних сушильних установках гарячим циркулюючим повітрям (сушильним агентом). Фарбованому виробу тепло передається як результат конвективного теплообміну з сушильним агентом. Нагрівання нижніх шарів лакофарбового покриття відбувається як результат теплопровідності.

Кінцевий результат процесу сушіння і його тривалість багато в чому залежать від таких технологічних факторів: тип лакофарбового матеріалу; товщина, теплоємність і щільність матеріалу пофарбованого виробу; товщина лакофарбового покриття; температура і вологість повітря; інтенсивність теплообміну. Що вище температура сушіння і інтенсивність теплообміну в сушильній камері, то швидше відбувається фіксація потрібних фізико-механічних і захисних властивостей плівки. Із збільшенням товщини поверхні пофарбованих виробів і товщини лакофарбового покриття процес сушіння сповільнюється.

За конвекційного способу сушіння тепло передається виробу під час безпосереднього контакту плівки фарби з гарячим повітрям (рис. 2.56); випаровування розчинників починається з поверхні покриття з утворенням зовнішньої твердої плівки 1, внаслідок чого утруднюється вихід летких речовин з нижніх шарів фарби 2, а це може призвести до утворення пір і тріщин покриття. Тому виріб слід нагрівати з малою швидкістю для рівномірного випаровування розчинників і отримання якісного лакофарбового покриття.

У простих, за конструкцією конвекційних сушильних камерах свіже повітря, нагріте калорифером, надходить до камери, віддає частину тепла фарбованій поверхні і вентилятором віддаляється із камери. При цьому гаряче повітря використовується не до кінця, багато тепла виноситься у повітровід.

Економічніші сушильні камери за конструкцією улаштовані так, щоб проводити рециркуляцію нагрітого повітря і поступово замінювати його свіжим повітрям.

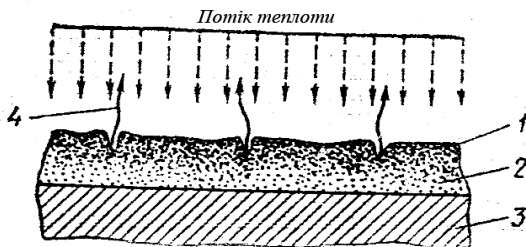


Рис. 2.56. Схема конвекційного способу сушіння лакофарбових покриттів:

1 – тверда плівка; 2 – неусохлий шар; 3 – виріб; 4 – пари розчинника

За недостатнього подавання свіжого повітря або інтенсивного обдування фарбованої поверхні процес висихання сповільнюється через нестачу кисню, а на поверхні пофарбованого шару утворюється тонка окиснена оболонка, що перешкоджає видаленню розчинників.

За терморадіаційного способу виріб нагрівають інфрачервоними променями. Їх джерелами служать дзеркальні лампи розжарювання потужністю 250 і 500 Вт, а також трубчасті і панельно-плиткові випромінювачі. Інфрачервоне випромінювання поширюється із швидкістю світла, що сприяє швидкому переходу енергії випромінювання в теплову у разі поглинання її виробом. Випромінювання проникає в лакофарбове покриття на деяку глибину і сприяє виникненню джерела тепла усередині покриття.

Швидкість подачі теплоти від джерела інфрачервоних променів до поверхні велика і теплота майже не витрачається на нагрівання навколишнього повітря. Оскільки теплота підводиться до покриття від поверхні виробу 2 (рис. 2.57), то температура шарів покриття, дотичних із металевою поверхнею, вища за температуру зовнішніх шарів. Тому розчинник спочатку випаровується із нижнього шару 4, який висихає першим. У міру нагріву лакофарбового покриття на всій товщині випаровування розчинників відбувається

інтенсивніше у верхніх шарах і поступово доходить до зовнішнього шару, що твердіє останнім.

Терморадіаційне сушіння найефективніше впливає на лакофарбові покриття, які отверділи як результат фізико-хімічних процесів (епоксидні, меламіноалкідні, сечовиноформальдегідні тощо) за підвищених температурних режимів сушіння.

У разі сушіння ламповими ("світлими") випромінювачами поглинання, пропускання і відбиття інфрачервоних променів залежить від кольору лакофарбового матеріалу покриття, а їх ефективні оптичні характеристики – від розподілу енергії випромінювання по спектру довжин хвиль. За однієї і тієї самої щільності спадного потоку випромінювання поглинена покриттям енергія виходить різною. Покриття білих і сірих кольорів нагріваються слабкіше і сохнуть повільніше, ніж покриття чорних і темних кольорів. Крім того, теплова енергія ламп, що випромінюється на хвилях завдовжки 0,8–1,4 мкм, переважно поглинається поверхнею покриття, не проникаючи в його глибину.

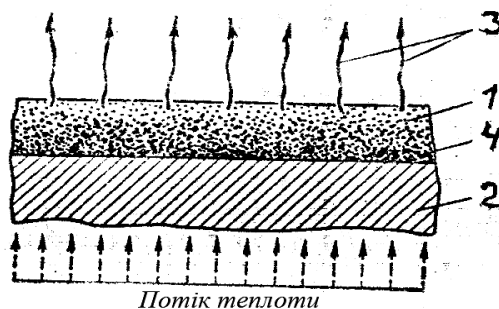


Рис. 2.57. Схема терморадіаційного способу сушіння лакофарбових покриттів:

- 1 – неусохлий шар; 2 – виріб; 3 – пари розчинника;
4 – нижній висушлий шар

Спосіб терморадіаційного сушіння рекомендується як для покривних емалей, так і для ґрунтовок, які добре пропускають енергію інфрачервоного випромінювання з хвилею завдовжки до 6 мкм.

До недоліків терморадіаційного способу сушіння належать: неможливість сушіння світлих емалей, які жовтіють під впливом інфрачервоних променів; економічно недоцільно застосовувати цей метод для литих виробів із стінкової завтовшки більше 30 мм; нерівномірне висихання плівки пофарбованих поверхонь виробів складної конфігурації внаслідок різної відстані до поверхні тепловипромінювача.

Для виробів складної конфігурації з екранованими ділянками поверхні рекомендовано терморадіаційне сушіння з примусовою циркуляцією повітря. Такий спосіб нагріву пофарбованої поверхні інколи називають терморадіаційно-конвекційним сушінням.

Терморадіаційно-конвекційний спосіб полягає в нагріві виробу терморадіаційним і конвекційним способами, що дозволяє ефективно сушити як зовнішні поверхні виробу, що опромінюються інфрачервоними променями, так і недоступні інфрачервоним променям ділянки поверхні виробу. Цей спосіб також застосовують для одночасного сушіння в одній камері виробів різної конфігурації і габаритних розмірів.

За індукційного способу сушіння струмами високої частоти металевий виріб поміщають в магнітне поле, що змінюється. При цьому у виробі індукуються вихрові струми, які, зрештою, нагрівають його зсередини. Нанесений на поверхню виробу лакофарбовий шар також нагрівається. Процес сушіння індукційним способом відбувається так само швидко, як і за терморадіаційного способу.

Основним елементом індукційної установки є індуктор – електромагнітний пристрій, що складається з магнітопроводу, за допомогою якого створюється змінне магнітне поле, і приєднувальних струмопідводів. Джерелом електричної енергії для індукційної установки є мережа змінного струму напругою 220-380 В. Використовуючи індуктори різної конфігурації і змінюючи відстань від індуктора до пофарбованого виробу, можна отримати задану температуру сушіння.

Контроль якості лакофарбових покриттів. Якість покриття контролюють за зовнішнім його виглядом (блиском, хвилястістю, видимими включеннями тощо) і товщиною покриття. Дуже тонкий шар лакофарбового покриття може пропускати вологу і гази, які сприяють передчасному руйнуванню поверхні виробу. Занадто товстий шар лакофарбового покриття легко розтріскується і відшаровується.

Для визначення товщини лакофарбового покриття використовують прилади, принцип дії яких ґрунтується на зміні сили тяжіння магніту до феромагнітної підкладочної пластини (поверхні деталі), залежно від товщини шару покриття.

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЧНІ СПОСОБИ РЕМОНТУ (ВІДНОВЛЕННЯ) ДЕТАЛЕЙ

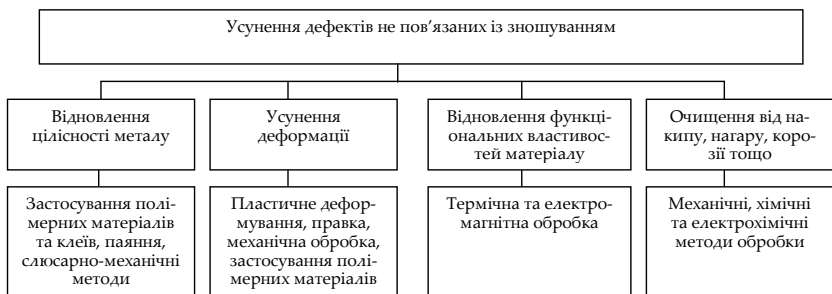
3.1. Класифікація складових технологічного процесу ремонту (відновлення) деталей

Основною особливістю дефектів, які виникають внаслідок зношування, є необхідність компенсації (відновлення) зношеного поверхневого шару. При цьому загалом технологічний процес за своїм призначенням має складатися з трьох технологічних частин: компенсації (відновлення) зношеного поверхневого шару; відновлення розмірно-точносних характеристик; зміцнення відновленого поверхневого шару.

Під час усунення дефектів, не пов'язаних з тертям, технологічні процеси також поділяються за своїм умовним призначенням (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Класифікація складових технологічного процесу відновлення (ремонту) деталей



Закінчення рис. 3.1

Кожну із складових технологічного процесу класифікують за технологічними способами. Наведені складові технологічного процесу і відповідні їм способи виконання частіше всього пов'язані між собою, але може бути варіант, коли застосовується тільки одна складова процесу, наприклад компенсація зносу опорного котка трактора електрошлаковим наплавленням. Послідовність переходу технологічного процесу від однієї його частини до другої для парних деталей може бути різною.

3.2 Ручне зварювання і наплавлення

Фізико-металургійні і технологічні основи зварювання.

Зварюванням називають технологічний процес одержання нероз'ємного з'єднання твердих матеріалів через установаження міжатомних зв'язків між зварювальними деталями. Для цього потрібно атоми матеріалу однієї деталі наблизити до атомів матеріалу другої деталі на відстані порядку 10^{-10} м, яка приблизно дорівнює відстані між атомами матеріалу зварювальних деталей. У випадку такого наближення зовнішні електрони атомів утворюють загальну (колективну) електронну систему.

За кімнатної температури метали не з'єднуються навіть від стискання значними зусиллями. У випадку прикладання зусилля у декілька десятків тонн в окремих контактних точках виникають міжатомні зв'язки, але після знімання навантаження вони руйнуються за рахунок дії сил пружності. Що більша пластичність і менша твердість матеріалу, то нижчий питомий тиск, за якого можливе з'єднання деталей.

Загальноприйнятим способом зниження твердості і підвищення пластичності є нагрівання металу. Для одержання міцного зварювального шва метал, нагрітий до пластичного стану, осаджу-

ють (піддають пластичному деформуванню). Якщо температуру зварювальних деталей довести до температури плавлення, то процес проходить без осадження за рахунок сплавлення об'ємів розплавленого металу деталей у загальній зварювальній ванні.

Таким чином, залежно від способу зближення атомів, зварювальні процеси можна розділити на зварювання плавленням і пластичним деформуванням (тиском).

Наплавлення — різновидність зварювання, яке полягає в нанесенні шару металу на поверхню деталі.

Зварювання і наплавлення металів класифікується за фізичними, технічними та технологічними ознаками.

Фізичні ознаки характеризують форму підведеної під час зварювання та наплавлення енергії і дозволяють виділити три класи зварювальних процесів:

- термічний, який характеризується підведенням теплової енергії (дугова, газова, височастотна, термітна, електрошлакова, плазмова, електронно-променева і лазерна);

- термомеханічний — поєднання підведення теплової і механічної енергії тиску (електроконтактна, дифузійна, газопресова, вибухом);

- механічний — з використанням механічної енергії (тертя, ультразвукової, холодної).

Технічні ознаки характеризуються способом захисту зони зварювання від взаємодії з навколишнім середовищем, безперервністю процесу і механізацією подачі та переміщення електрода відносно деталей.

Технологічні ознаки характеризують особливості технологічного процесу зварювання (дугове, газове, плазмове, лазерне тощо).

Під час вибору способу відновлення деталі слід урахувати умови її роботи, властивості матеріалу та процеси, які відбуваються під час утворення зварювального з'єднання.

Найважливішим, з огляду на кінцеві властивості виробу, є зміна хімічного складу, структури, властивостей матеріалу деталі і рівня внутрішніх напружень та деформацій у зоні з'єднання.

У зварювальному з'єднанні можна виділити три зони (рис. 3.2). До I зони належать зони шва і сплавлення, де метал під час зварювання нагрітий до температури плавлення і знаходиться в рідкому і твердо-рідкому стані. Ця зона характеризується зміною хімічного складу і будови матеріалу деталі за рахунок дифузійних процесів з металом присадного матеріалу, взаємодії з навколишнім середовищем, флюсом і особливостями кристалізації.

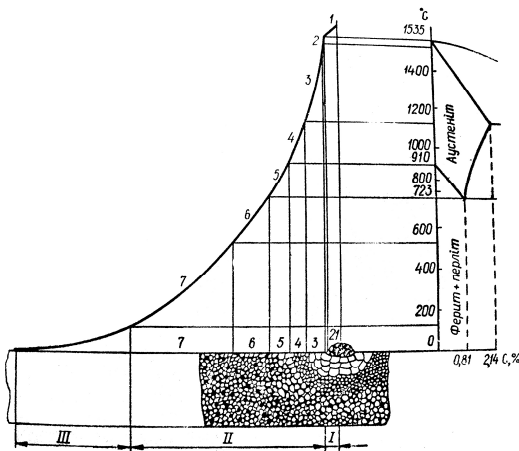


Рис 3.2. Будова зварного з'єднання:

I – зони шва і сплавлення; II – зона термічного впливу (перегрівання, перекристалізації й відпуску); III – зона механічного або термомеханічного впливу; 1 – рідкий стан металу; 2 – твердий стан; 3 – перегрівання; 4 – нормалізація (перекристалізація); 5 – неповна перекристалізація; 6 – рекристалізація; 7 – старіння

III зона — механічного або термомеханічного впливу. Температура металу недостатня для перебігу процесів фазових перетворень і рекристалізації. Відбуваються зміни, викликані пластичною і пружною деформаціями металу під дією внутрішніх сил.

Газове зварювання і наплавлення — це один із універсальних способів ремонту деталей, бо дозволяє обробляти метали товщиною від десятих часток міліметра до десятків міліметрів. Газозварювальні процеси, розтягнуті у часі, легко контролюються зварником, що дозволяє навіть за відносно низької його кваліфікації одержувати достатньо високу якість шва. Крім того, відносно низькі швидкості нагрівання і охолодження металу під час зварювання дозволяють зменшити зварювальні напруження і уникнути утворення тріщин.

Газове зварювання найчастіше застосовують для зварювання низько- і середньовуглецевих сталей завтовшки до 3 мм (кабіни, об-

II зона — термічного впливу, включає зони перегрівання, перекристалізації і відпускання. У ній температура нагрівання достатня для перебігу фазових перетворень і рекристалізації основного металу. Характерним є утворення гартівних структур і відповідно схильність до утворення тріщин, особливо за значного вмісту у металі вуглецю і легуючих елементів.

На периферії цієї зони діє міжкристалічна корозія, яка відбувається за утворення карбідів хрому на межах зерен. Схильність до виділення хрому знижується в разі додавання в присадний дріт титану, ніобію і цирконію.

лицювання, козухи, тощо) і під час ремонту деталей з чавуну і кольорових металів.

Зварювальне полум'я. Джерелом тепла для нагрівання деталей під час газового зварювання є полум'я, утворене від згоряння суміші газу з киснем. Для зварювання найчастіше використовують ацетилен (C_2H_2), значно рідше пропан-бутан ($C_3H_8 + C_4H_{10}$). В останні роки великих успіхів досягнуто у використанні воднево-кисневих сумішей.

Зварювальне полум'я складається з трьох зон (рис. 3.3). Зона «А» (ядро полум'я) обмежена світлою оболонкою, у зовнішньому шарі якої згорає вуглець, утворений під час розпаду молекул палива. Зона «В» — відновлювана, або зона неповного згоряння. Вона складається з окису вуглецю і водню, утворених на першій стадії горіння газу. Ці продукти згоряння розкислюють розплавлений метал, віднімаючи кисень від його окислів. Зона «С» — повного згоряння (або факел). Являє собою видимий об'єм газів. У цій зоні відбувається догорання продуктів горіння за рахунок кисню, ежектуюваного з повітря.

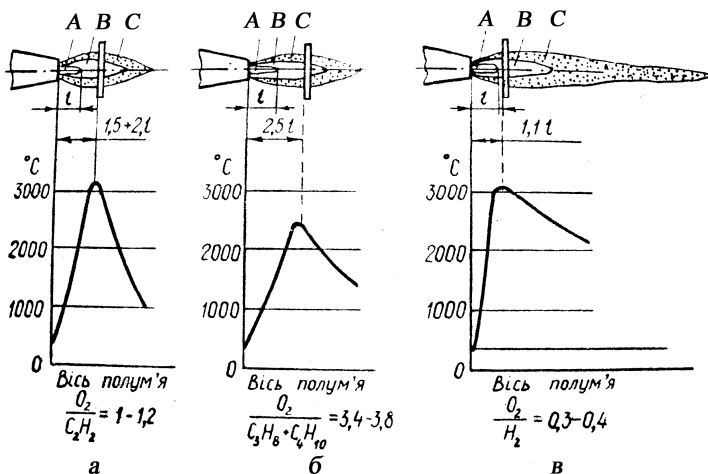


Рис. 3.3. Будова зварювального полум'я:

а — ацетилено-кисневого; б — пропано-кисневого; в — воднево-кисневого; А — ядро; В — зона неповного згоряння; С — зона повного згоряння; l — довжина ядра

Дещо інша будова воднево-кисневого полум'я, тому для коректування складу полум'я до воднево-кисневої суміші додають пари бензину у незначних кількостях (5–10%). Такий склад газової суміші

призводить до того, що в полум'ї зони «В» практично цілком відсутнє і відповідно не відбувається розкислення розплавленого металу.

Максимальна температура ацетилено-кисневого полум'я (3150 °С) значно вища максимальної температури пропан-бутан-кисневого полум'я (2400 °С). Як показують дослідження, проведені в ХІМЕСГ, максимальна температура воднево-кисневого полум'я (3000 °С) близька до температури ацетилено-кисневого.

Від співвідношення газу і кисню у горючій суміші залежить характер полум'я. Нейтральне полум'я характеризується відсутністю вільного кисню і вуглецю у відновлюваній зоні «В». Для різних горючих сумішей нейтральне полум'я досягається таким співвідношенням об'ємів кисню і газу:

$$\text{ацетилено-кисневе полум'я} - \frac{\text{O}_2}{\text{C}_2\text{H}_2} = 1-1,2;$$

$$\text{пропан-бутан-кисневе полум'я} - \frac{\text{O}_2}{\text{C}_3\text{H}_8 + \text{C}_4\text{H}_{10}} = 3,4-3,8;$$

$$\text{воднево-кисневе полум'я} - \frac{\text{O}_2}{\text{H}_2} = 0,4-0,45$$

Окисне полум'я отримується за більших значень наведених вище співвідношень. Таке полум'я має вищу температуру, однак надлишок кисню сприяє окисненню заліза. Метал шва отримують пористий і крихкий. Тому в цьому випадку потрібно застосовувати дрiт марок СВ-08ГС і СВ-12ГС, які містять розкислювачі — марганець і кремній.

Навуглецьовувальне полум'я характеризується надлишком горючого газу, зниженою температурою і сприяє насиченню металу шва вуглецем.

Для зварювання і наплавлення деталей із сталі, яка має менше 0,5% вуглецю і кольорових металів, використовують нейтральне полум'я; для деталей з високовуглецевих і легованих сталей, чавуну, наплавлення твердих сплавів — навуглецьовувальне полум'я; для різання металу — окислювальне.

Потрібно враховувати, що за взаємодії розплавленого металу із зварювальним полум'ям змінюється його склад. Кисень, який потрапив у шов, знижує його міцність, ударну в'язкість, стійкість проти корозії. Водень сприяє утворенню тріщин. Азот, взаємодіючи за високої температури із залізом, утворює нітриди, які надають наплавленому металу підвищеної твердості і крихкості. У процесі зварювання вигорає кремній, марганець, інші легуючі добавки матеріалу зварюваних деталей.

Щоб не змінювався склад наплавленого шару, матеріал присадного дроту за своїми фізико-механічними властивостями і хімі-

чним складом має бути таким, як і матеріал деталі, але із збільшеною кількістю легкоокиснювальних компонентів.

Присадним матеріалом для зварювання невідповідальних сталей є маловуглецевий дріт типу Св-08. Для підвищення механічних властивостей і розкислення металу шва використовують низьколегований кремній-марганцевистий присадний дріт Св-08ГС, Св-10ГС тощо. Позитивно впливає на якість шва наявність у присадному матеріалі нікелю, хрому, тощо.

Під час наплавлення зношених поверхонь деталей використовують електроди Нп-40, Нп-50, Нп-30ХГСА, Нп-50Г, Нп-65Г та інші, які дозволяють одержати наплавлений шар з високою стійкістю проти зношування.

Для захисту розплавленого металу від шкідливого впливу кисню, азоту, водню та інших елементів застосовують флюси. Вони утворюють з окислами металів хімічні з'єднання, які спливають у вигляді шлаку на поверхню і захищають рідкий метал від насичення газами. Основними компонентами флюсів для чорних металів є бура $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, двовуглецева сода NaHCO_3 і борна кислота H_3BO_3 .

Для газового зварювання і наплавлення застосовується відносно просте і недороге обладнання.

Ацетилен одержують безпосередньо на робочому місці зварювальника в ацетиленовому генераторі шляхом взаємодії карбиду кальцію з водою або зберігають у спеціальних ацетиленових балонах. У сільськогосподарському виробництві найпоширеніші пересувні ацетиленові генератори продуктивністю 0,8-3,2 м³/год, тиском 0,1-0,15 МПа, наприклад АСП-1,25, ГВР-1,25М4, ГНВ-1,25 тощо.

Кисень зберігається в балонах високого тиску (15-20 МПа) об'ємом 10-60 л., Пропан-бутан зберігається у балонах середнього тиску (1,6 МПа) об'ємом 5-50 л.

Зниження і підтримання в потрібних межах робочого тиску газів здійснюється за допомогою газових редукторів (наприклад, КРР-61, тощо).

Газ і кисень подаються шлангами до газового пальника, в якому відбувається їх змішування і дозування. Найпоширеніші пальники малої Г2-04, середньої Г3-04 і великої Г3-05 потужності, а також наплавлявальні пальники, які дозволяють подавати в зону наплавлення гранульовані самофлюсуючі порошки ГН-2, ГН-3 тощо.

Для воднево-кисневого газового зварювання обладнання складніше, однак це компенсується суттєвим зниженням витрат на матеріали і транспортування балонів.

Воднево-кисневе зварювальне полум'я отримують під час спалювання газу, який генерують в електролізері безпосередньо на

робочому місці зварювальника шляхом розкладання води електричним струмом на кисень і водень.

Найповніше задовольняють потребам сільського господарства портативні воднево-кисневі зварювальні установки, розроблені у ХНТУСГ (рис. 3.4).

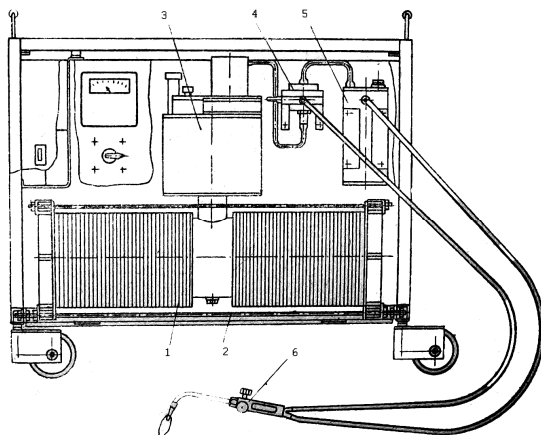


Рис. 3.4 Воднево-киснева зварювальна установка, розроблена у ХНТУСГ:

- 1 — джерело струму; 2 — стягувальний болт; 3 — газовідокремлювач;
4 — затвор; 5 — збагачувач; 6 — пальник

Принцип дії електролізера ґрунтується на реакції розкладання води під дією постійного електричного струму, який проходить через лужний електроліт. Електролізер складається з низки послідовно включених герметичних порожнин, утворених електродами та ущільнювальними кільцями. Герметизація набраного таким чином пакета здійснюється стягуванням шпильками. Внутрішня порожнина газовідокремлювача і міжелектродні порожнини заповнюються електролітом. До крайніх електродів електролізера підводять постійний електричний струм від блока живлення. Воднево-киснева суміш, яка утворюється під час проходження струму, через отвори у верхній частині електродів потрапляє у газовідокремлювач, потім осушується і через затвор і збагачувач подається до зварювального пальника. Затвор потрібен для запобігання вибуху газу всередині генератора у випадку займання газу у шлангах. Збагачувач дозволяє коректувати характер зварювального полум'я шляхом незначних добавок до воднево-кисневої суміші парів бензину.

Низька вартість потрібних матеріалів і споживання електричної енергії (2–5 кВт·год) дозволяють очікувати поширення цього виду зварювання у виробництві і особливо на сільськогосподарських ремонтних підприємствах.

Режим газового зварювання (наплавлення) визначається напрямком переміщення і кутом нахилу пальника, потужністю, і характером полум'я, діаметром присадного дроту.

За лівого способу зварювання пальник переміщують справа наліво, а присадний дріт — попереду полум'я. Цей спосіб найпоширеніший і застосовується для наплавлення і зварювання матеріалів малої товщини (рис. 3.5).

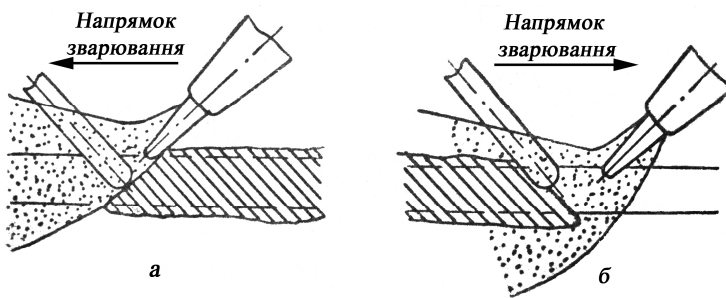


Рис. 3.5 Газове зварювання:

а — ліве; б — праве

За правого способу пальник переміщують зліва направо, а присадний дріт слідом за пальником. Це дозволяє найповніше використувати тепло полум'я і зварювати деталі завтовшки більше 5–6 мм. Кут нахилу пальника (між площиною зварюваного металу і віссю нахилу пальника) вибирають залежно від товщини зварюваних деталей (рис. 3.6). Що він більший, то більший тепловий вплив полум'я на деталь.

Потужність полум'я характеризується годинною витратою ацетилену:

$$A = kt, \text{ дм}^3/\text{год} \quad (3.1)$$

де k — коефіцієнт, який враховує матеріал і спосіб зварювання, $\text{дм}^3/\text{год} \cdot \text{мм}$;

t — товщина зварюваної деталі, мм

Для сталі $k = 100\text{--}120$, алюмінію — $60\text{--}100$, чавуну — $110\text{--}140$.

За витратою ацетилену вибирають номер наконечника пальника. Потужність полум'я інших газів визначають аналогічно. Ха-

ктер полум'я (нейтральне, окисне, відновлювальне) приймають залежно від матеріалу зварюваних деталей.

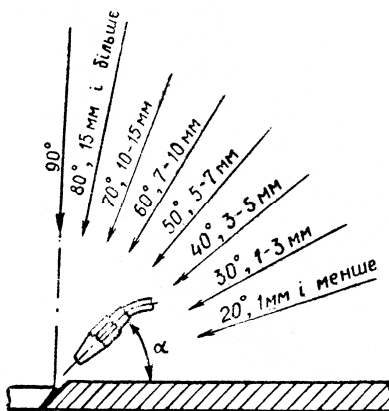


Рис. 3.6. Залежність кута нахилу мундштука зварювального пальника від товщини зварювального металу

Діаметр присадного дроту визначають залежно від способу зварювання за формулами:

$D = 0,5t + 1$ — для лівого способу зварювання;

$D = 0,5t + 2$ — для правого способу зварювання.

Газове зварювання доцільно використовувати для зварювання деталей малої товщини. За збільшення товщини деталей спостерігається різке падіння продуктивності процесу.

Електродугове зварювання і наплавлення. Під час електродугового зварювання метал деталей

і присадного дроту, плавиться за рахунок тепла електричної дуги. Горіння зварювальної дуги супроводжується виділенням великої кількості тепла. Температура дуги на осі її стовпа досягає 6000–7500 °C. Вона залежить від сили струму, що припадає на одиницю поперечного перерізу електроду — щільності струму.

Для електродугового зварювання можна використовувати змінний та постійний струми. Зварювальна дуга на змінному струмі горить нестійко. Для підвищення стабільності горіння дуги збільшують щільність струму. Під час зварювання на постійному струмі дуга горить стабільно. На позитивному полюсі виділяється близько 43 % тепла і температура дуги досягає 4200 °C, на негативному полюсі виділяється 36% тепла і температура значно нижча (3500 °C).

Тому, якщо потрібно збільшити глибину проплавлення деталі, то зварювання ведуть на прямій полярності (деталь підключають до позитивного полюса). Для зварювання деталей, які мають малу товщину або виготовлені із вуглецевих і легованих сталей, позитивний полюс з'єднують з електродом (зворотна полярність). Під час зварювання на змінному струмі на електроді і деталі виділяється приблизно однакова кількість тепла.

Спад напруги в дузі U_d складається із спаду напруги в зоні катода U_k , стовба дуги U_{cm} і анодної області U_a :

$$U_d = U_K + U_{cm} + U_a. \quad (3.2)$$

Спад напруги в анодній і катодній областях практично постійний. Спад напруги у стовпі дуги пропорційний її довжині:

$$U_{cm} = kL, \quad (3.3)$$

де k — середній спад напруги на одиницю довжини дуги, В/мм;

L — довжина дуги, мм.

Для сталених електродів може бути прийнято:

$$U_K + U_a \approx 12,$$

$$k = 2, L = 4, \text{ тоді:}$$

$$U_d = 12 + 2 + 4 = 18 \text{ В.}$$

Під час зварювання сталеним електродом дуга стійко горить за напруги 18–28 В, але для збудження дуги потрібна більш висока напруга. Це пояснюється тим, що в початковий момент повітряний проміжок ще недостатньо нагрітий і слід надати електронам великої швидкості для іонізації атомів газового проміжку. Для надійного запалювання дуги потрібна напруга 30–40 В. Крім того, у процесі зварювання слід забезпечити сталість зварювального струму за коливань довжини дуги, а за короткого замикання струм не має перевищувати робочий більш як у 1,5 рази.

Таким чином, для живлення зварювальної дуги найбільш підходить джерело струму з крутоспадною зовнішньою (вольтамперною) характеристикою (рис. 3.7). Зовнішня характеристика — це залежність між напругою на затискачах джерела живлення і струмом.

Розрізняють крутоспадну, пологоспадну, жорстку і зростаючу характеристики.

Живлення дуги змінним струмом здійснюється від зварювальних трансформаторів із підвищеним магнітним розсіюванням.

Регулюють струм магнітним шунтом типу СТШ-250 і СТШ-300 або переміщенням обмоток типу ТД-306У2 і ТДМ-317У2. Поширенню зварювальних трансформаторів сприяють простота конструкції, надійність, низька вартість, невеликі габарити і маса.

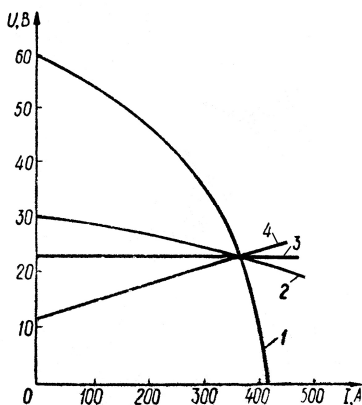


Рис. 3.7. Зовнішні (вольт-амперні) характеристики джерел живлення зварювальної дуги:

1-крутоспадна; 2 – пологоспадна;
3 – жорстка; 4 – зростаюча

Джерела живлення постійного струму дозволяють отримати шов більш високої якості, але вони складніші, дорогі і менш надійні. Зварювальні перетворювачі (ПД-305У2, ПД-502У2, ПСО-300-2У2, ПСГ-500-1У3 тощо) являють собою електричну машину, яка об'єднує в одне ціле трифазний асинхронний електродвигун і генератор постійного струму.

Для зварювання в польових умовах застосовують зварювальні агрегати (АДД-303У1, АДД-304У1, АДД-3І12У1 тощо), змонтовані на причепі. Генератор постійного струму

такого зварювального агрегату приводиться в обертання двигуном внутрішнього згорання.

Останнім часом все більше використовують зварювальні випрямлячі (ВД-201У3, ВД-306У3, ВС-300 тощо).

Спеціалізовані джерела живлення (УДГ-301, УДГ-501, ВДУ-305, ВДУ-505, УПС-301, ТРИ-300Д тощо) додатково укомплектовані електронним обладнанням, яке розширює технологічні можливості і сприяє підвищенню якості зварювання. Широко використовують осцилятори, імпульсні стабілізатори горіння дуги, пристрої для плавного зниження зварювального струму наприкінці зварювання, регулятори струму і напруги тощо.

Якість наплавленого металу та продуктивність процесу зварювання і наплавлення здебільшого визначаються матеріалом електродів та їх покриття. Для ручного дугового зварювання найчастіше використовують плавкі електроди, виготовлені із сталюого дроту довжиною 350–400 мм, на поверхню якого нанесено покриття (обмазка). За призначенням покриття електродів поділяють на стабілізуючі (тонкі) та якісні (товсті).

Стабілізуючі покриття містять речовини, атоми яких легко іонізуються, чим полегшують збудження і підтримують стійке горіння дуги. Найпоширеніше стабілізуюче покриття, яке містить 80 %

крейди і 20% рідкого скла. Покриття наноситься на дріт завтовшки 0,1–0,3 мм.

Якісні покриття містять:

- газоутворювальні добавки (крохмаль, харчове і деревне борошно, декстрин, тощо), які запобігають взаємодії розплавленого металу із повітрям. Під час горіння дуги ці речовини згорають, утворюючи вуглекислий газ та окис вуглецю, які витискають повітря із зони горіння дуги;

- шлакоутворювальні добавки (титановий концентрат, марганцева руда, польовий шпат, кварц, мармур, тощо) у процесі зварювання утворюють шлак, який ізолює поверхню розплавленого металу від повітря і сприяє повільнішому охолодженню і виходу розчинених у розплав металу газів;

- розкиснювальні і легируючі добавки (феромарганець, феросиліцій, феротитан тощо), які, з'єднуючись з окислами, що потрапили у розплавлений метал, утворюють легкоплавкі шлаки, які спливають на поверхню шва. За рахунок легируючих добавок шву надаються певні властивості;

- стабілізуючі речовини (сода, поташ, двоокис титану тощо) підвищують стійкість горіння дуги.

Добавки, які входять до складу-якісного покриття, змішують із рідким склом і наносять на електродний дріт шаром завтовшки 1–3 мм.

Електроди для зварювання і наплавлення сталі мають умовні позначення, які дозволяють отримати інформацію про їх призначення, режим зварювання і характеристики металу шва (рис. 3.8).

Тип електрода для зварювання включає літеру «Э» з двозначною цифрою через дефіс (цифра вказує на міцність зварювального шва на розтяг у кг/мм², літера «А» в кінці — на підвищену пластичність наплавленого металу).

Тип електрода для наплавлення включає літери «ЭН» — електрод наплавлювальний. Наступні літери і цифри характеризують хімічний склад наплавленого металу, %, остання цифра — твердість наплавленого шару за Роквелом (наприклад ЭН-18Г4-35, ЭН-У30Х25РС21-60 тощо).

Кожному типу електроду відповідає кілька марок. Марка електрода характеризується складом покриття, маркою електродного стрижня, технологічними властивостями і властивостями металу шва.

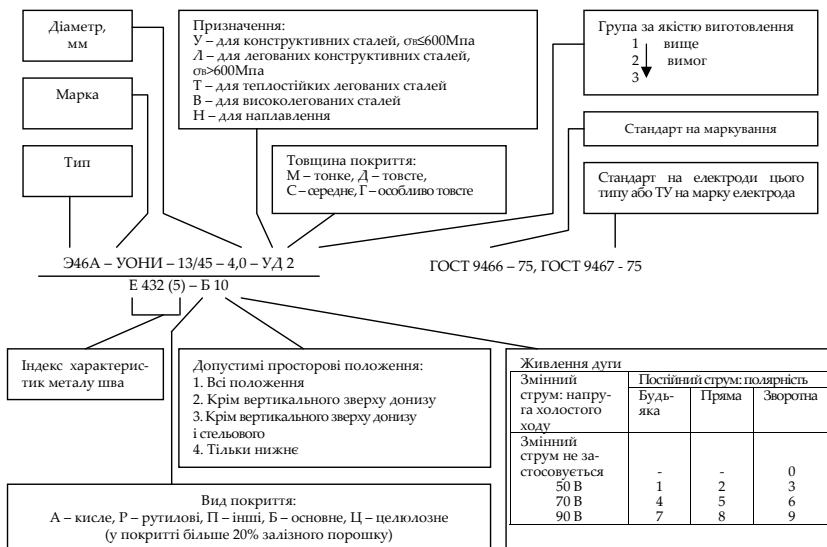


Рис. 3.8. Умовні позначення покритих електродів для зварювання і наплавлення сталі

За товщиною покриття електроди розподіляються на 4 групи залежно від відношення діаметра електрода D до діаметра електродного дроту d . Тонкі — $D/d \leq 1,2$, середні — $D/d = 1,2—1,4$, товсті — $D/d = 1,45—1,8$ і особливо товсті $D/d > 1,8$.

Випускають покриття шести видів:

- кислі — вміщують оксид заліза, марганцю, кремнію, титану. Зварювання такими електродами ведуть на постійному і змінному струмі;

- основні — містять фтористий кальцій і карбонат кальцію. Зварювання ведуть на постійному струмі зворотної полярності. Метал шва має малу схильність до утворення тріщин, тому такі покриття часто використовують для зварювання деталей великої товщини;

- целюлозні — застосовують для зварювання деталей малої товщини на змінному струмі;

- рутилові — крім інших, вміщують окис титану. Електроди з таким покриттям відрізняються високою стійкістю горіння дуги як на постійному, так і змінному струмі.

Під час вибору типу електрода необхідно враховувати властивості металу шва, глибину проплавлення металу, просторове положення шва, гігієнічні характеристики електродів, тощо (рис. 3.8).

Діаметр електрода залежить від товщини і просторового положення зварюваної поверхні.

Кожному діаметру електрода відповідає певний діапазон зварювального струму I . Користуючись залежністю $I = (20 + 6d)d$, можна визначити середнє значення струму. Зниження зварювального струму призводить до порушення стабільності горіння дуги, а збільшення — до перегрівання електрода, поганого формування шва, розбризкування і утару наплавлюваного металу.

Для зварювання слід використовувати електроди можливо більшої товщини, оскільки при цьому збільшується продуктивність праці і глибина проплавлення деталі. Наплавляти ж, навпаки, доцільно електродами малого діаметра, щоб зменшити нагрівання наплавлюваної деталі.

Наприклад, під час виконання стикових швів у нижньому просторовому положенні для вибору діаметра електрода D і зварювального струму I залежно від товщини зварюваного металу S можна скористатися номограмою (рис. 3.9).

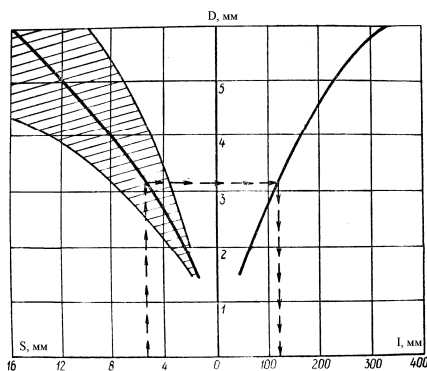


Рис. 3.9. Номограма для визначення діаметра електрода D , і величини зварювального струму I , під час зварювання сталей у нижньому просторовому положенні (S — товщина зварюваної сталі)

На якість шва суттєво впливає довжина дуги. Нормальною вважається дуга завдовжки 0,5-1,2 діаметра електрода.

Особливості зварювання і наплавлення чавунних деталей. Зварювання чавуну має певні труднощі, пов'язані з відбілюванням

металу в навколошовній зоні, різким переходом під час нагрівання з твердого стану у рідкий, можливістю утворення тріщин.

У разі швидкого охолодження розплавленого або нагрітого до температури вище 750 °С сірого чавуну графіт легко переходить у цементит (Fe₃C), сірий чавун відбілюється, стає твердим, крихким, погано піддається механічній обробці.

Відсутність перехідного пластичного стану чавуну під час нагрівання до температури плавлення призводить до того, що метал із твердого стану відразу переходить у рідкий. Тому зварювальні поверхні чавунних деталей мають розміщуватися чітко горизонтально.

Відсутність площини текучості і низька межа міцності чавуну на розтяг призводять до утворення тріщин у навколошовній зоні.

Крім того, під час зварювання вигорають вуглець і кремній, тому утворюється велика кількість газів і шлакових з'єднань, які не встигають виділитися з розплавленого металу. Шов отримують пористим і забрудненим неметалічними домішками. Під час визначення методу плавлення враховують необхідність механічної обробки шва після зварювання, вимоги до щільності шва, умови роботи деталі тощо.

Гаряче зварювання дозволяє одержати шов високої якості, який за своїми властивостями практично не поступається матеріалу деталі. Деталь перед зварюванням нагрівають до 600-650 °С зі швидкістю 1600° на годину. Після зварювання або наплавлення деталь знову кладуть у піч і охолоджують разом з нею або ж у спеціальних термосах.

Газове зварювання чавуну ведуть чавунними дротами марки А і Б діаметром 6–8 мм. Для зменшення вигорання вуглецю зварюють нейтральним або відновлювальним полум'ям.

Для гарячого електродугового зварювання використовують електроди ОМЧ-1, які складаються із чавуну марки Б і мають спеціальну графітизовану обмазку. Зварюють на постійному струмі зворотної полярності короткими валиками (25–30 мм).

Попереднє підігрівання деталі забезпечує достатню графітизацію чавуну у зоні зварювання і запобігає появі тріщин. Але для великогабаритних деталей воно потребує спеціального обладнання, великих затрат енергії. Під час нагрівання можливе жолоблення деталей, тому інколи застосовують місцеве попереднє підігрівання деталей до 300-400 °С.

Найпоширеніше холодне зварювання чавуну, під час якого застосовують спеціальні технологічні прийоми і електроди, які запобігають відбілюванню чавуну. Для зменшення нагрівання деталі і вигорання вуглецю та кремнію зварювання ведуть на постійному

струмі оберненої полярності електродами діаметром 2–4 мм. У цьому випадку встановлюють понижену величину струму ($I = 25\text{--}30\text{ d}$).

Зварювання тріщин виконують методом «відпалювальних» валиків (рис. 3.10) за допомогою сталеньких маловуглецевих електродів (наприклад Е-34 з крейдовою обмазкою або електродами УОНИ 13/55). Краї тріщини обробляють під кутом 90° . Після накладання короткого валика відразу ж на нього накладають другий валик, який відпалює перший, і так до повного заповнення оброблюваної ділянки. Під час «відпалювання» цементит розпадається, а загартована частина шва відпускається і нормалізується. Метал шва стає ненапруженим і пластичним.

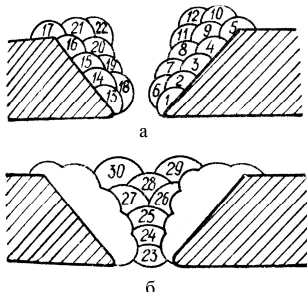


Рис. 3.10. Зварювання чавунних деталей методом відпалювальних валиків:

а, б — послідовність накладання відповідно відпалювальних і з'єднувальних валиків

Для чавунних деталей із товстими стінками з метою збільшення міцності зварювального з'єднання застосовують різні підсилювальні елементи — шпильки, болти або скоби, виготовлені з маловуглецевої сталі. Зварювання починають навколо підсилювального елемента, а потім накладають «відпалювальні» валики вздовж тріщини.

Добрі результати дає зварювання високоміцного чавуну електродами на основі нікелю ПАНЧ-11, ПАНЧ-12, ЦЧ-3А. Шов одержують пластич-

ний, достатньо міцний, без тріщин, пор. Він добре обробляється.

Коли не потрібна висока міцність шва, зварюють мідно-залізними (ОЗЧ-2) або мідно-нікелевими електродами (МНЧ-2, стрижні яких виготовлені з монель-металу — 28 % міді і 65 % нікелю тощо).

В окремих випадках використовують й інші способи зварювання чавунних деталей.

Зварювання алюмінію і його сплавів. Алюміній і його сплави легко окислюються на повітрі, тому поверхні деталей завжди покриті щільною і міцною плівкою Al_2O_3 , температура плавлення якого (2050°C) набагато перевищує температуру плавлення алюмінію (650°C). Під час нагрівання деталі метал розплавляється під окисною плівкою. Крім того, коефіцієнт розширення алюмінію у два рази, а теплопровідність у три рази вищі, ніж у сталі. Тому під час зварювання деталі метал прогрівається навіть на значній відстані від мі-

сця зварювання, що призводить до виникнення значних деформацій. Процес зварювання ускладнюється високою рідкотекучістю металу і тим, що перехід із твердого стану в рідкий не супроводжується зміною кольору деталі. Шлак, який утворюється за деяких видів зварювання, має щільність більшу, ніж розплавлений алюміній, тому він не спливає на поверхню і забруднює зварювальний шов.

Газове зварювання алюмінієвих деталей ведеться за допомогою алюмінієвого присадного дроту, покритого тонким шаром флюсу АФ-4А, АН-4А, АН-А 201 або ж непокритим дротом, опускаючи періодично нагрітий його кінець у флюс.

Алюмінієво-кремнієві сплави (силуміни) зварюють газовим полум'ям без флюсу. Окисну плівку в цьому випадку видаляють стальними гачками. Розплавлений метал утримують від розтікання стальними або глиняними підкладками.

Електродугове зварювання чистого алюмінію і сплавів типу А6Г АДО, АДІ виконується електродами ОЗА-1, АФ-1 або АФ-4, а алюмінієво-кремнієвих сплавів типу АМц, АМГ, АЛ-9 тощо — електродами ОЗА-2.

Зварюють на постійному струмі зворотної полярності короткою дугою. Силу зварювального струму I можна визначити за формулою:

$$I = 40 d, \quad (3.4)$$

де d — діаметр електроду, мм.

Для зменшення жолоблення і запобігання утворенню тріщин деталі перед зварюванням підігрівають до 200–350 °С.

Зараз поширене електродугове зварювання алюмінію неплавким електродом у середовищі інертного газу — аргону. Присадний алюмінієвий дріт уводять в дугу, яка горить між неплавким вольфрамовим електродом і деталлю. Зварювання можна вести на постійному струмі оберненої полярності або на змінному. Для аргонодугового зварювання випускаються установки УДАР-300-1, УДАР-500-1, УДГ-301, УДГ-501.

Особливості зварювання деталей із спеціальних сталей. Спеціальні сталі, що застосовуються у сільському господарстві, вміщують значну кількість легуючих елементів і належать до групи обмежено або погано зварюваних сталей. Електродуговим зварюванням нержавіючі і вогнетривкі спеціальні сталі зварюють за змінного або постійного струму зворотної полярності. Для зварювання застосовують 27 типів електродів, у маркуванні яких вказується тип покриття і клас сталей, для яких вони призначені (А — аустенітні, Ф — феритні і АФ — аустенітоферитні). Наприклад, ЦЛ-11-ЭА-1Б-

4,0 — електроди з покриттям ЦД-11 для аустенітних сталей діаметром 4 мм.

Найпоширеніші хромонікелеві сталі, які не містять титану або ніобію, за нагрівання до 400–800 °С втрачають свої антикорозійні властивості і стають крихкими внаслідок виділення карбідів хрому по межах зерен. Під час зварювання можуть виникати гарячі тріщини. Після зварювання для відновлення антикорозійних властивостей деталі нагрівають до 850 °С (карбіди хрому розплавляються) і швидко охолоджують у воді. Такий вид термообробки називають стабілізацією. Аустенітні сталі нагрівають до 1000–1150 °С і швидко охолоджують у воді. Така термообробка підвищує пластичність, ударну в'язкість і стійкість до корозії.

Добрі результати одержують під час зварювання спеціальних сталей у середовищі захисних газів. Невідповідальні з'єднання можна зварювати у середовищі вуглекислого газу, відповідальні — у середовищі аргону (чистого або більш дешевого технічного).

Газове зварювання спеціальних сталей проводять нормальним полум'ям. Окисне полум'я не допускається, бо викликає вигорання хрому та інших легуючих елементів. Присадний дріт має відповідати матеріалу зварюваної деталі, наприклад, Св-02Х19Н9 та Св-06Х19Н9Т. Зварювання ведуть лівим або правим способом. Для поліпшення якості шва використовують флюс (наприклад НЖ-8). Термообробку проводять так, як і за електродугового зварювання.

3.3. Механізоване зварювання і наплавлення

Основні параметри режимів наплавлення та їх взаємозв'язок. Механізація зварювально-наплавлювальних робіт вирішує дві головні задачі: різке підвищення продуктивності праці і поліпшення якості зварювального шва та наплавленого на деталь шару металу.

Механізація зварювально-наплавлювальних операцій передбачає поперечне і повздовжнє переміщення електрода відносно деталі, регулювання частоти обертання, що у зварювальних і наплавлювальних установках забезпечується відповідними механізмами. Ці кінематичні характеристики механізованого процесу зварювання (наплавлення) регламентуються параметрами технологічних режимів: швидкістю поперечної подачі електрода (електродного дроту), кроком наплавлення і частотою обертання деталі. Залежно від повноти сукупності цих характеристик механізованого зварювання розрізняють такі види наплавлення, напівавтоматичне зварювання — механізована тільки подача електрода, автоматичне

зварювання і наплавлення — механізовані подача електрода, частота обертання деталі і її поздовжнє переміщення.

Розглянемо загальний підхід до розрахунку параметрів технологічного процесу наплавлення деталей на прикладі автоматичного наплавлення тіл обертання (вали, осі тощо).

Поверхня деталі після наплавлення характеризується певними геометричними параметрами, пов'язаними з параметрами технологічних режимів наплавлення (рис. 3.11).

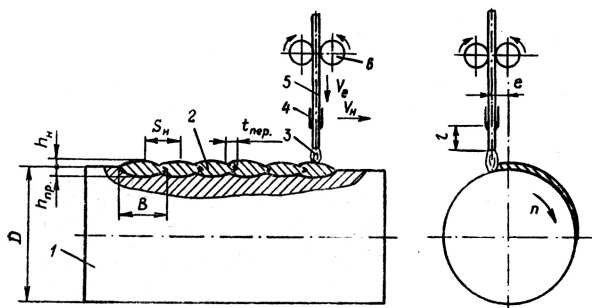


Рис. 3.11. Схема до розрахунку технологічних режимів наплавлення:

1 – деталь; 2 – наплавлений шар; 3 – дуга; 4 – мундштук; 5 – електродний дріт; 6 – механізм подачі; e – зміщення електрода із зеніту; l – виліт електрода

Висота наплавлення (h_n) має забезпечувати повну компенсацію зношеного шару з урахуванням величини максимального зносу і припуску на механічну обробку, тобто має витримуватись умова:

$$h_n = U_{\max} + z, \quad (3.5)$$

де $U_{\max}$ — максимальний знос; z — припуск на обробку.

Для забезпечення щільності наплавленого шару і згладжування нерівностей, що дозволяє зменшити припуск на обробку і полегшує умови для механічної обробки, кожний наступний валик має перекривати попередній на 0,3–0,5 своєї ширини (B). Перекриття ($t_{\text{пер}}$) регулюється поздовжньою подачею електрода за один оберт деталі (крок наплавлення S_n).

Наплавлений валик повинен мати певну форму, забезпечуючи повне проварювання на всій його поверхні і неглибоке проплавлення основного металу, що залежить і від електричних параметрів електродугового процесу. У цей зв'язок мають увійти висота наплавленого шару і діаметр деталі.

Таким чином, формування наплавленого шару на поверхні деталі заданого діаметра із визначеними якостями і геометричними

ми характеристиками визначається, головним чином, технологічними режимами, пов'язаними з кінематичними параметрами установки для наплавлення, діаметром деталі і електродного дроту, а також електричними параметрами дуги.

Встановимо передусім залежність для визначення швидкості подачі електродного дроту і частоти обертання деталі.

Швидкість подачі електродного дроту можна визначити, використовуючи такий підхід.

Довжина електродного дроту, який подається за одиницю часу механізмом подачі, чисельно дорівнює швидкості подачі, а її маса визначається залежністю:

$$m_e = \frac{\pi d_e^2}{4} v_e \gamma_e, \quad (3.6)$$

де d_e , v_e , γ_e — відповідно діаметр, швидкість подачі і питома маса електродного дроту.

За ту саму одиницю часу під впливом електричного струму маса електродного дроту та має розплавитись, що виражається співвідношенням:

$$m_e^p = \alpha_p I_H, \quad (3.7)$$

де α_p — коефіцієнт розплавлення металу електронного дроту; I_H — струм наплавлення.

Виходячи із фізичної рівності $m_e = m_e^p$, одержимо залежність для визначення швидкості подачі електродного дроту:

$$v_e = \frac{4\alpha_p I_H}{\pi d_e^2 \gamma_e}. \quad (3.8)$$

Розмірності в залежності (3.8): α_p — г/А·год, d_e — мм, γ_e — г/см³, v_e — м/год.

Швидкість подачі електродного дроту може змінюватися внаслідок коливань електричних і кінематичних параметрів механізму приводу подачі, що призводить до зміни довжини дуги. Але при цьому змінюється й сила струму. Із зменшенням довжини дуги опір падає і струм наплавлення зростає, а разом з тим збільшується швидкість плавлення електродного дроту, як результат збільшується довжина дуги; із збільшенням довжини дуги йде зворотний процес. Таким чином, під час механізованого наплавлення має місце саморегулювання дуги, що забезпечує автоматизацію процесу наплавлення.

Стійкість, саморегулювання дуги пов'язана з характеристикою джерела живлення, вибір якого залежить від конкретного виду механізованого наплавлення.

Для проведення автоматичного наплавлення тіл обертання слід знайти частоту обертання деталі. Цей параметр легко визначити, якщо знати швидкість наплавлення.

Для вирішення поставленої задачі розглянемо об'ємний елемент наплавленого шару з прямокутним (за деяких допущень) перерізом $S_H \times h_H$ і довжиною, рівною швидкості наплавлення. Маса такого елемента визначається співвідношенням:

$$m_H = S_H h_H v_H \gamma_{HM}, \quad (3.9)$$

де γ_{HM} — питома маса наплавленого металу; v_H — швидкість наплавлення (колова швидкість деталі).

З іншого боку маса елемента наплавленого шару дорівнює масі розплавленого за одиницю часу електрода без втрат на угар і розбризкування, які враховуються коефіцієнтом втрат η . Тому, використовуючи залежність для m_e , можна записати:

$$m_H = \frac{\pi d_e^2}{4} v_e \gamma_e \eta. \quad (3.10)$$

Із формул залежностей (3.9) і (3.10) одержимо:

$$v_H = \frac{\pi d_e^2 v_e \gamma_e}{4 S_H h_H \gamma_{HM}} \eta. \quad (3.11)$$

Для суцільного дроту можна прийняти, що $\gamma_e = \gamma_{HM}$ (для порошкового дроту $\gamma_e = 6,5$ г/см³, а $\gamma_{HM} = 7,8$ г/см³), тоді для суцільного дроту:

$$v_H = \frac{\pi d_e^2 v_e}{4 S_H h_H} \eta. \quad (3.12)$$

Розмірність у залежності (3.12): d_e, h_H, S_H — мм, v_H і v_e — м³/год.

Враховуючи, що швидкість наплавлення чисельно дорівнює коловій швидкості деталі, можна записати:

$$v_H = \frac{\pi D_d n 60}{1000}, \quad (3.13)$$

де v — швидкість наплавлення, м/год; D_d — діаметр деталі, мм (для розрахунку приймається номінальний); n — частота обертання деталі, хв⁻¹.

З формули (3.13) одержимо:

$$n = 5,31 \frac{v_d}{D_d}. \quad (3.14)$$

Слід мати на увазі, що розглянуті розрахункові технологічні залежності мають наближений характер, оскільки на формування наплавленого валика впливають й інші фактори складного дугового процесу наплавлення. Разом з тим під час налагодження технологічного процесу наплавлення розрахункові залежності дозволяють

урегулювати процес у потрібному напрямку, оскільки в них відображений взаємозв'язок основних параметрів.

Під час наплавлення тіл обертання потрібно також враховувати можливість стікання наплавленого металу у напрямку обертання деталі. У зв'язку з цим дугу (електрод) зміщують із zenіту деталі у бік, протилежний її обертанню.

На формування валика впливає також виліт електрода, тобто довжина вільного кінця від мундштука. Із його збільшенням збільшується опір, а сила струму і глибина проплавлення зменшуються і за певних умов може статися непроварювання основного металу.

Отже, до основних технологічних параметрів режимів механізованого наплавлення деталей належать: напруга електричної дуги, сила струму наплавлення, швидкість подачі електродного дроту і наплавлення (частота обертання деталі), крок наплавлення (поздовжня подача електрода), зміщення електрода із zenіту, виліт електрода. Вихідними параметрами є діаметри деталі та електрода.

Для окремих видів механізованого наплавлення до режиму можуть належати й інші параметри, наприклад амплітуда і частота коливань електрода за вібродугового наплавлення. Вибір параметрів режимів механізованого наплавлення залежить від його виду, величини зношеного шару, матеріалу і діаметра деталі, вимог до фізико-механічних властивостей наплавленого металу.

Наплавлення під шаром флюсу полягає у тому, що між електродним дротом і деталлю, з'єднаними із полюсами джерела живлення, виникає електрична дуга. У зону її горіння (рис. 3.12) безперервно надходить гранульований флюс. Під дією високої температури дуги (6000-7500 °С) флюс частково розплавляється і утворює на поверхні розплавленого металу оболонку, яка захищає зону наплавлення від зовнішнього середовища, запобігає розбризкуванню металу, утворенню пор, вигорянню вуглецю і легуючих елементів. Після охолодження металу розплавлений флюс твердіє, утворюючи на поверхні наплавленого валика шлакову кірку, яку видаляють.

Обладнання для наплавлення під шаром флюсу має зварювальну головку, джерело живлення і токарний або спеціальний верстат. Для механізованого наплавлення застосовують автомати (головки) А-580М, А-874Н, ОКС-1252М тощо, для напіваавтоматичного зварювання — шлангові напіваавтомати ПШ-54, ПДШМ-500. На спеціалізованих ремонтних підприємствах використовують спеціальні установки, наприклад для наплавлення бігових доріжок ланок гусениць, опорних котків і натяжних коліс (ОКС-11200, ОКС-11235), валів та інших деталей, які мають форму тіл обертання (СН-2, УД-209) тощо.

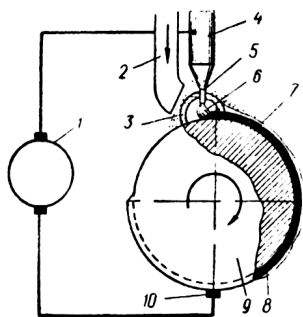


Рис. 3.12. Схема наплавлення під шаром флюсу:

- 1 — джерело живлення електричної дуги;
- 2 — пристрій для подачі флюсу;
- 3 — захисна оболонка;
- 4 — мундштук;
- 5 — електродний дріт;
- 6 — електрична дуга;
- 7 — шлакова кірка;
- 8 — наплавлений шар;
- 9 — деталь;
- 10 — підведення струму до деталі

Джерелом живлення є зварювальні агрегати типу ПС-300 і ПСГ-500 та випрямлячі типу ВС-300 і ВДУ-504 зі спадною характеристикою.

Наплавлення переважно ведуть на постійному струмі зворотної полярності, що дозволяє підтримувати високу стабільність процесу і раціонально використовувати температуру електричної дуги, тобто більше тепла підводити до електричного дроту і менше до деталі.

Фізико-механічні властивості наплавленого поверхневого шару деталі можуть змінюватися у достатньо широких межах залежно від марки електродного дроту, флюсу і режимів наплавлення.

Для наплавлення під шаром флюсу застосовують сталевий зварювальний дріт діаметром 1–3 мм типу Св і Нп без захисного покриття. Марку дроту вибирають залежно від хімічного складу матеріалу наплавлюваної деталі. Наприклад, для наплавлення де-

талей з маловуглецевих сталей рекомендується застосовувати низьковуглецеві дроти Св-08, Св-08А, Св-08ГА, Св-08ГС, тощо. Для одержання стійких покриттів використовують дроти з вуглецевих і легованих сталей: Нп-40, Нп-65Г, Нп-30ХГСА, Нп-40Х13 тощо.

Флюси, які застосовують під час наплавлення, за способом виготовлення поділяють на два основні види: плавлені і керамічні.

Плавлені флюси виготовляють сплавленням компонентів, після чого одержану масу подрібнюють і розмелюють (гранулюють). Залежно від розміру гранул розрізняють дрібнозернисті (0,4–2,5 мм) і крупнозернисті (1,6–4,0 мм) флюси. До складу плавлених флюсів входять шлакоутворювальні, газоутворювальні та іонізуючі речовини, а також розкислювачі, які захищають метал від окиснення і сприяють формуванню наплавленого валика, розкислюють розплавлений метал, стабілізують горіння дуги. Але такі флюси не надають високої твердості наплавленому шару, оскільки не містять легуючих елементів. Для відновлення деталей сільськогосподарської техніки найчастіше застосовують плавлені флюси АН-348А, АН-60 і ОСЦ-45, які у поєднанні з електродним дротом, що має легуючі

добавки, дозволяють одержати наплавлений шар без пор і тріщин твердістю до HRC 45.

Керамічні флюси, крім стабілізуючих і шлакоутворюючих компонентів, містять ще й легуючі елементи (феротитан, ферохром, тощо), які у разі наплавлення маловуглецевим дротом Св-08 дозволяють одержати наплавлений шар високої, міцності і стійкості проти зношування. Температура плавлення феросплавів у 1,5–2 рази вища, ніж решти компонентів, тому керамічні флюси не можна виготовити за допомогою сплавлення. У цьому випадку всі компоненти флюсу подрібнюють, просіюють і змішують у заданих співвідношеннях, додаючи рідке скло. Одержану масу гранулюють, висушують і прокалюють за температури 300–400°C протягом двох годин.

У ремонтному виробництві застосовують керамічні флюси К-2, КС-1, АНК-18.

Потрібні властивості (твердість, стійкість проти зношування) наплавленого шару одержують, поєднуючи різні флюси і електродний дріт (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Залежність твердості наплавленого шару від наплавлених матеріалів

Флюс	Електродний дріт	Твердість шару після наплавлення HRC
АН-348А	Св-08Г2С	18-20
	Св-18 ХГСА	25-28
	НП-40 Х13	40-45
АНК-18	Св-08	38-43
	Св-08Г2С	41-45

У випадку відсутності необхідних керамічних флюсів можна приготувати суміші, додаючи у плавнений флюс, наприклад Л-348А, чавунну стружку (до 40%), графіт (4-6%) або феросплави (до 20% ферохрому). Застосування таких флюсів-сумішей дозволяє одержати наплавлений шар однорідного хімічного складу, високої твердості і стійкості проти зношування.

Якість наплавленого металу суттєво залежить від режимів процесу (табл. 3.2), які вибирають з урахуванням товщини наплавленого шару і форми деталі. Наплавлення під шаром флюсу ведуть за напруги 26–36 В і щільності струму до 50–100 А/мм² перерізу електродного дроту.

Наплавлення під шаром флюсу має низку переваг: продуктивність у 5–10 разів вища порівняно з ручним наплавленням, широкі можливості одержання потрібних механічних властивостей наплавленого шару, економна витрата електроенергії і електродного дроту, поліпшені умови праці зварювальника (закрита дуга).

Таблиця 3.2

Режими наплавлення під шаром флюсу

Діаметр деталі, мм	Діаметр електрода, мм	Сила струму, А	Швидкість наплавлення, м/год	Швидкість подачі електродного дроту, м/год	Крок наплавлення, мм	Зміщення електрода із zenіту, мм
50	1,6	140	16-24	75	3,0	2
60	1,6	170	16-28	110	3,5	3
75	2	180	16-32	125	4,5	5
100	3	220	16-32	160	5,6	8
200	3	250	16-36	180	6,7	10

До недоліків слід віднести: необхідність відокремлення шлакової кірки, швидке й глибоке прогрівання, яке призводить до зміни фізико-механічних властивостей і деформації деталі, складність утримання флюсу на поверхні деталей діаметром менше 50 мм. Однак в останній час для утримання флюсу на поверхні деталі діаметром менш як 70 мм, пропонується використовувати флюсоутримуюче пристосування (рис. 3.13) у вигляді воронки – насадки спеціальної форми, яка розташовується навкруги мундштука автоматичної наплавлювальної головки.

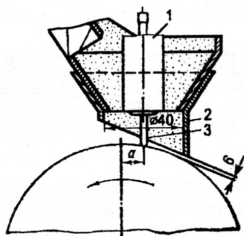


Рис.3.13. Схема розташування флюсоутримуючої воронки:

- 1 – мундштук наплавлювальної головки; 2 – флюсоутримуюча воронка; 3 – електродний дріт

Наплавлення під шаром флюсу доцільно застосовувати у разі відновлення деталей, які мають відносно великий знос (понад 2 мм).

Наплавлення у середовищі захисних газів. Розплавлений метал можна захищати від дії кисню і азоту повітря струменем газу, який витискає повітря із зони горіння електричної дуги.

Під час зварювання і наплавлення застосовують такі захисні гази, як аргон, гелій (для всіх металів), азот (для міді та її сплавів), вуглекислий газ, водяну пару (для сталі і чавуну). У ремонтному виробництві використовують зварювання

і наплавлення у середовищі вуглекислого газу, які забезпечують високу якість за низької собівартості відновлення деталей (рис. 3.14).

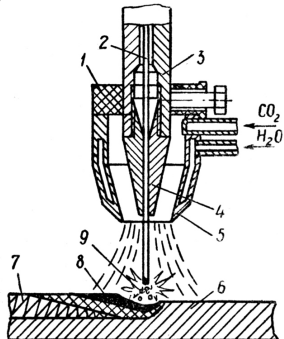
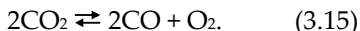


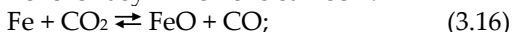
Рис. 3.14. Схема наплавлення у середовищі вуглекислого газу:

- 1 – мундштук; 2 – електродний дріт; 3 – мундштук; 4 – наконечник; 5 – сопло; 6 – деталь; 7 – наплавлений шар; 8 – зварювальна ванна рідкого металу; 9 – електрична дуга

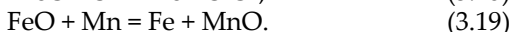
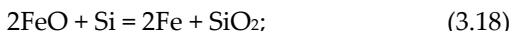
Електродний дріт безперервно подається у зону наплавлення. Струм до дроту підводиться через наконечник, розміщений всередині мундштука. Під дією високої температури електричної дуги на поверхні деталі утворюється рідка ванна, в якій перемішуються метали електрода і деталі. У зону наплавлення через сопло пальника надходить вуглекислий газ, який захищає рідкий метал від контакту з киснем повітря. З одного боку вуглекислий газ захищає метал від навколишнього середовища, з іншого розкладається за високої температури дуги і окиснює розплавлений метал:



Під час наплавлення високовоуглецевої сталі окиснення відбувається від взаємодії вуглекислого газу і кисню із залізом:



Ці процеси супроводжуються інтенсивним вигоранням вуглецю, легуючих елементів, появою пор у наплавленому шарі. Для усунення цього рекомендується застосовувати електродний дріт, що містить кремній і марганець, за допомогою яких відбувається розкислення наплавленого металу і видалення окислів із зварювальної ванни:



Для наплавлення у середовищі вуглекислого газу застосовують наплавлювальні головки (АБС, А-384, А-580 тощо), джерела живлення (ВС-200, ВСУ-300, ПСГ-300, ПСГ-500 тощо), підігрівач та осушувач газу, редуктор-витратомір (ДРЗ-1-5-7) або ротаметри (РС-3, РКС-65). До комплексу газової апаратури входить балон з вуглекислим газом (тиск 7,5 МПа), який містить 25 кг вуглекислоти. За нормальних умов ($t = 0^\circ\text{C}$, $P_{\text{атм}} = 760 \text{ мм.рт.ст.} = 101,3 \text{ КПа}$) після випарування одного кілограма вуглекислоти утворюється близько 500 л вуглекислого газу.

Наплавлення у середовищі вуглекислого газу виконують на постійному струмі зворотної полярності. Марку електродного дроту вибирають залежно від матеріалу відновлюваної деталі і потрібних фізико-механічних властивостей наплавлюваного металу. Для наплавлення середньовуглецевих сталей застосовують дроти Св-0,8ГС, Св-08Г2С, Нп-30ХГСА діаметром 0,5-2,5 мм, які дозволяють одержати твердість наплавленого шару НВ 220-290. Щоб одержати більш високу твердість, слід провести цементацію, гартування СВЧ або використати порошкові дроти.

На якість наплавленого шару поряд з матеріалом електродного дроту впливають також режими наплавлення (табл. 3.3).

Сила струму наплавлення визначається напругою на дузі, швидкістю подачі і діаметром електродного дроту (площею поперечного перерізу електрода). Швидкість подачі дроту встановлюють з таким розрахунком, щоб у процесі наплавлення не було короткого замикання і обриву дуги. Швидкість наплавлення встановлюють залежно від товщини і якості формування наплавлюваного шару.

Таблиця 3.3

Режими наплавлення у середовищі вуглекислого газу

Діаметр деталі, мм	Товщина наплавлюваного шару, мм	Діаметр електрода, мм	Сила струму, А	Напруга, В	Швидкість наплавлення, м/год	Зміщення електроду із зеніту, мм	Крок наплавлення, мм	Виліт електрода, мм	Витрата CO ₂ , л/год
10	0,5	0,8	70	16	40	2	2,5	7	360
20	0,8	1,0	85	18	40	3	2,8	8	360
30	1,0	1,2	90	19	35	5	3,0	10	360
40	1,2	1,4	110	20	30	6	3,5	10	480

Витрата вуглекислого газу залежить, зазвичай, від величини зварювального струму. Для нормального захисту зони наплавлення від повітря слід витратити близько 600 л вуглекислого газу на годину за зварювального струму $I_{зв} = 200$ А. Недостатня кількість вуглекислого газу у зоні наплавлення призводить до появи пор у наплавленому шарі.

Виліт електродного дроту суттєво впливає на якість наплавлюваного металу і залежить від діаметра дроту та його питомого електричного опору. За великого вильоту сопло пальника віддаля-

ється від поверхні деталі, захист зони наплавлення погіршується, внаслідок чого з'являються дефекти у наплавленому шарі — електродний дріт перегрівається і перегорає, за малого — сопло закупорюється бризками металу і обгорає.

Наплавлення у середовищі захисних газів має низку переваг: високу продуктивність (не нижче наплавлення під шаром флюсу); відсутність шлакової кірки; високий ступінь щільності дуги, що сприяє незначному нагріванню деталі та її деформації; можливість наплавлення шару невеликої товщини (0,8–1,5 мм); низьку вартість робіт за використання активних газів (CO_2 , водяної пари, сумішей газів).

Наплавлення у середовищі захисних газів застосовують у разі відновлення деталей складної форми, багатшаровому наплавленні сплавів з високим вмістом домішок, які погіршують відокремлення шлакової кірки, наплавленні дрібних деталей діаметром від 10 мм.

Вібродугове наплавлення. Цей спосіб відрізняється від розглянутих раніше способів механізованого наплавлення тим, що кінець електрода здійснює коливальні рухи у площині, перпендикулярній площині наплавлення, а наплавлений шар охолоджується струменем рідини.

Установка для вібродугового наплавлення (рис. 3.15) складається із головки, закріпленої на супорті токарного верстата, яка має вібратор і механізм подачі електродного дроту, джерела струму, додаткового індуктивного опору (дроселя), системи подачі охолоджувальної рідини.

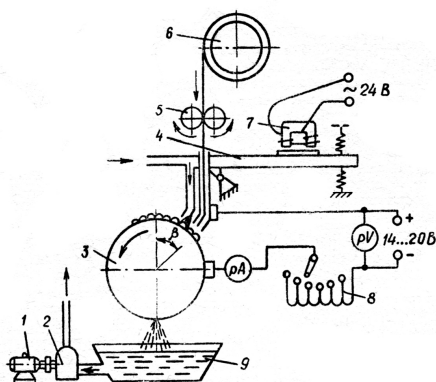


Рис. 3.15. Схема вібродугового наплавлення:

- 1 — електродвигун; 2 — насос; 3 — деталь; 4 — вібруючий мундштук;
5 — механізм подачі дроту; 6 — касета електродного дроту; 7 — вібратор;
8 — індуктивний опір; 9 — посудина із охолоджувальною рідиною

У процесі наплавлення вібруючий електрод періодично замикає зварювальне коло, змінюючи в ньому напругу і струм. У кожному циклі вібрації можна виділити три періоди: короткого замикання, дугового розряду і холостого ходу. У момент короткого замикання напруга на дузі падає майже до нуля, а сила струму підвищується до максимального значення. Під час відходу електрода від деталі напруга у колі миттєво підвищується до 18–24 В внаслідок дії електрорушійної сили самоіндукції і виникає короткочасний дуговий розряд. Електродний дріт розплавляється і краплі розплавленого металу переносяться на деталь. За подальшого відходження електрода від деталі горіння дуги переривається і настає період холостого ходу, який продовжується до наступного короткого замикання, після чого цикл повторюється.

У період дугового розряду виділяється 80–85% тепла, яке витрачається на розплавлення електрода і утворення зварювальної ванни. Збільшити кількість виділеного тепла, а отже, і продуктивність наплавлення, можна за рахунок скорочення або виключення періоду холостого ходу, що досягається певним поєднанням величини напруги, індуктивності та амплітуди вібрації електрода.

Під час наплавлення мундштук разом із дротом вібрує з частотою 50–110 Гц і амплітудою 1,5–3,2 мм, що сприяє перенесенню розплавленого матеріалу електродного дроту невеликими порціями, забезпечуючи якісне формування валиків.

Наплавляти можна на постійному та змінному струмі. Постійний струм забезпечує кращу стабільність процесу. Полярність струму впливає на якість наплавленого шару і його зчеплення з основним металом. Ці показники кращі під час наплавлення вібродуговим способом на струмі оберненої полярності.

Джерелом живлення електричної дуги під час вібродугового наплавлення є генератори типу АНД-500/250, випрямлячі ВС-300 і ВС-600, перетворювачі ПД-305 і ПСГ-500. Індуктивним опором є дросель РСТЕ-34, включений у зварювальне коло послідовно. Зараз установки для вібродугового наплавлення комплектують головками типу ОКС-6569 з механічними і УАНЖ-6 з електромагнітними вібраторами.

Рекомендовані режими вібродугового наплавлення сталей деталей на струмі зворотної полярності за напруги дуги 12–15 В наведено у табл. 3.4.

Структура і твердість наплавленого шару залежать від хімічного складу електродного дроту і охолоджувальної рідини. Остання у процесі наплавлення виконує низку функцій: зменшує теплову дію дуги на деталь, збільшує швидкість охолодження наплавленого шару, захищає розплавлений метал від повітря, сприяє стійкому

горінню дуги за рахунок випаровування рідини та іонізації електродного проміжку.

Таблиця 3.4

Режими вібродугового наплавлення

Діаметр деталі, мм	Товщина наплавленого шару, мм	Діаметр електрода, мм	Сила струму, А	Швидкість наплавлення, м/год	Крок наплавлення, мм	Амплітуда вібрації електрода, мм	Швидкість подачі електрода, м/год	Витрата охолоджувальної рідини, л/хв
20	0,3	0,8	100	132	1,0	1,5	36	0,2
40	0,7	1,0	120	72	1,3	1,8	24	0,4
60	1,1	1,6	150	60	1,6	2,0	48	0,5
80	1,5	2,0	180	36	1,8	2,0	60	0,6

Охолоджувальною рідиною є 3–6%-й водяний розчин кальцинованої соди або 12–20%-й водяний розчин технічного гліцерину. Рідину подають на відстані 10–40 мм від електрода. За зменшення вказаної відстані підвищується швидкість охолодження наплавленого шару, збільшується середня твердість наплавленого металу, виникає велика кількість мікротріщин.

Захист розплавленого металу за вібродугового наплавлення може здійснюватися за допомогою вуглекислого газу, флюсу, водяної пари.

Для вібродугового наплавлення застосовують зварювальний вуглецевий або легований дріт діаметром 1–3 мм. Вибір дроту залежить від потрібної твердості та стійкості проти зношування наплавленого шару. Металопокриття має твердість 14–19 HRC під час використання маловуглецевого дроту Св-08 і Св-08ГА, а за наплавлення дротом Нп-30ХГСА, Нп-65 і Нп-80 валик в охолоджувальній рідині загартовується до твердості 26–55 HRC. Наступний валик наплавленого металу частково розплавлює попередній і створює зону відпалення. Це призводить до неоднорідності структури і твердості наплавленого шару, що ускладнює механічну обробку деталі.

Переваги вібродугового наплавлення: незначне нагрівання і деформація деталей, одержання високої твердості і стійкості наплавленого шару без термічної обробки, можливість нанесення тонких шарів металу (до 0,1 мм), висока продуктивність за відносної простоти обладнання і технологічного процесу. Але наплавлений із застосуванням охолоджувальної рідини шар схильний до утворення тріщин і виникнення високих розтягувальних напружень. Втом-

лювана міцність деталей, відроджених вібродуговим наплавленням, суттєво знижується.

Таким чином, використовувати вібродугове наплавлення доцільно для відродження деталей, які мають малий знос і не підлягають знакозмінним навантаженням (шийки валів коробок передач і задніх мостів, штовхачів, тощо).

Наплавлення порошковими електродами. Електродним матеріалом у цьому випадку є згорнута з маловуглецевої сталльної стрічки безперервна труба, заповнена порошковою сумішшю — шихтою (рис. 3.16). До складу шихти входять легуючі, газо- і шлакоутворювальні, розкиснювальні та інші компоненти.

Під час горіння дуги шихта відстає від оболонки, що знижує якість наплавленого шару. Щоб підвищити електропровідність шихти, до неї додають до 30% залізного порошку або розділяють осердя дроту металічними перегородками, електрично зв'язаними з оболонкою (рис. 3.16_{в,г,д}).

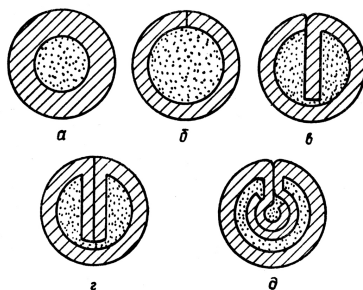


Рис. 3.16. Поперечний переріз порошкових дротів:

а, б — трубчастий; в — однозагинний; г — двозагинний; д — двохаровий

Використовують два типи порошкового дроту: із зовнішнім захистом (під шаром флюсу або у середовищі CO_2) і самозахисні.

Для наплавлення порошковим дротом застосовують токарні верстати з головками А-580М і ОКС-1252М, а також спеціальні верстати УД-139, У-651, ОКС-11238. Дуга живиться від джерела струму із жорсткою зовнішньою характеристикою: зварювальні перетворювачі ПСІ-500, ПСУ-500, випрямлячі ВДУ-504, ВС-600, ВДМ-1001.

Наплавлення порошковим дротом виконують за постійного струму оберненої полярності. Діаметр електрода залежить від товщини наплавленого шару, а силу струму вибирають залежно від швидкості наплавлення і підбраного діаметра електрода. Режими

наплавлення залежно від марки електрода і діаметра деталі наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Режими наплавлення порошковим електродом

Електрод	Діаметр, мм		Сила струму, А	Напруга, В	Швидкість наплавлення, м/год
	деталі	електроду			
ПП-АН1	40-60	2,8	260-320	22-24	18-25
ПП-АН4	45-50	2,2	180-220	20-22	20-25
	50-60	2,5	200-250	22-24	20-28
ПП-АН106	40-55	2,6	160-180	22-24	25-35
	50-65	2,6	160-180	22-24	20-25
ПП-25Х5ФМС	45-55	2,6	160-180	22-24	35-40
	50-65	3,6	200-220	22-24	30-40

Наплавлення порошковим дротом застосовують для відновлення деталей з відносно великим зносом, які працюють при значних навантаженнях або в агресивних середовищах (колінчасті вали, тарілки клапанів тощо). Поширення порошкових електродів стримується через їх високу вартість. Разом з цим наплавлення порошковим дротом має деякі переваги перед іншими способами наплавлення: більш висока продуктивність процесу, відсутність необхідності видалення шлаку за наплавлення самозахисним електродом, широкі можливості керування фізико-механічними властивостями наплавленого шару (твердість HRC 60) за рахунок хімічного складу шихти.

3.4. Способи підвищення продуктивності і якості механізованого дугового наплавлення

Продуктивність вібродугового наплавлення і наплавлення під шаром флюсу одним дротом порівняно невелика і становить відповідно 1,2 і 2,5 кг/год. Суттєво підвищити її дозволяє багатоелектродне наплавлення (рис. 3.17), суть якого полягає у тому, що два або кілька електродів за загального струмопідведення плавляться за рахунок тепла, яке виділяється дугою, що горить на одному з електродів і постійно переміщується по всіх електродах. Зміною кількості електродів, їх взаємного розміщення і хімічного складу впливають на розподіл тепла за шириною наплавлюваного валика, глиби-

ну проплавлення і розміри ванни рідкого металу, що формує якість наплавляваного шару і його фізико-механічні властивості.

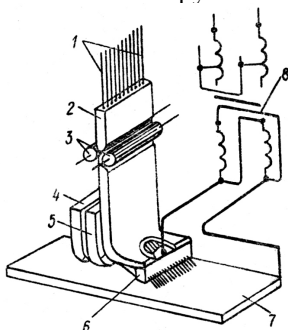


Рис. 3.17. Схема наплавлявальної головки АМН-3 для багатоелектродного наплавлення:

1 – електродні дроти; 2 – мундштук;
3 – рифлені валики; 4, 5 – дозатори шихти і флюсу; 6 – струмопідвідна колодка; 7 – деталь; 8 – джерело струму

вуглецевої сталі або порошкової стрічки.

У випадку використання маловуглецевої сталі стрічки наплавлення ведуть під шаром флюсу з подачею у зону горіння дуги порошкових легуючих сумішей. За ширини стрічки 40 мм наплавляють на режимі $I = 700-900\text{ А}$, $U = 40-42\text{ В}$, $V_c=110-140\text{ м/год}$, $V_n=18-22\text{ м/год}$, висіт електрода $l = 30-35\text{ мм}$, товщина шару легуючої суміші 4,5-5,5 мм. Залежно від складу легуючої суміші твердість наплавляваного шару може досягати HRC 50.

Електроферромагнітне наплавлення. Це оригінальний спосіб нанесення покриттів наплавленням, розроблений в Новополицькому політехнічному інституті, принципову схему якого показано на рис. 3.18.

Відновлювану деталь 1 встановлюють з деяким зазором щодо полюсного наконечника 4 осердя 5. Електромагнітна котушка живиться постійним або випрямленим пульсуючим струмом, магнітний потік пронизує деталь у радіальному напрямі. Осердя підключають до одного полюса джерела технологічного струму, а деталь через ковзний контакт 6 – до іншого. Під час обертання деталі в зазор між відновлюваною поверхнею і полюсним наконечником електромагніту безперервно подається з бункера дозувальним пристроєм 3 ферромагнітний порошок 2. Орієнтуючись в зазорі уздовж магнітних силових ліній, зерна ферропорошку утворюють безліч

Особливістю двоелектродного вібродугового наплавлення є зміщення коливань електродів за фазою на 180° , що призводить до збільшення тривалості горіння дуги і продуктивності наплавлення майже вдвічі. Така особливість процесу збільшує крок наплавлення і зменшує теплову дію на попередньо наплавлені валики, що призводить до одержання рівномірнішої структури наплавляваного шару і поліпшення його механічних властивостей.

Підвищення продуктивності і якості наплавлення досягають застосуванням мало-

струмопровідних ланцюжків, що замикають електричний ланцюг між осердям і деталлю. Унаслідок дії електричного струму і мікро-токів, що генеруються в зернах, зерна порошку розплавляються. Мікрокраплі феромагнітного матеріалу, що утворилися, розподіляються під впливом магнітного поля на оброблюваній поверхні деталі.

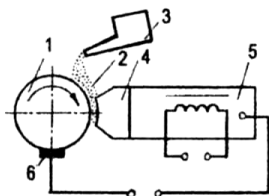


Рис. 3.18. Схема електроферомагнітного наплавлення:

- 1 – відновлювана деталь; 2 – феромагнітний порошок; 3 – бункерний дозувальний пристрій;
- 4 – полюсний наконечник; 5 – осердя;
- 6 – ковзний контакт

процесу в середовищі рідини запобігається розігрівання деталі, дещо знижується шорсткість, але при цьому зменшується величина нанесеного шару.

Особливо ефективного зміцнення тонкостінних виробів діаметром до 300 мм і довгомірних до 1000 мм, на які наносити покриття іншими способами важко або взагалі неможливо. Метод забезпечує високу твердість покриттів, добру їх зчіплюваність з основою, відсутність деформації і викривлення. Магнітне поле створює "міст" з частинок феромагнітного порошку в зазорі між поверхнею оброблюваної деталі і інструментом – полюсним наконечником, який (або які) є одночасно осердям електромагніту. Проходячи через цей "міст", електричний струм виділяє велику кількість теплоти, за рахунок якої порошок плавиться. Залежно від марки порошку і технологічних режимів можна отримувати шари із заданими твердістю, міцністю, зносостійкістю та іншими необхідними експлуатаційними властивостями. Сприятливою є можливість формування загартованого до високої твердості підшару внаслідок швидкісного розігрівання і швидкого відведення теплоти вглиб перехідної зони.

Зміцнення боридом, карбідами, оксидами показало, що структура поверхневого шару має голчасту дендритну будову, яка округляється ближче до межі покриття. Далі – дифузійна зона, основу якої становить евтектика. Мікроструктура перехідної зони характеризується наявністю безструктурного мартенситу, що переходить у трос-

Однією з основних умов стабільного перебігу процесу є постійність в часі і узгоджена з кількістю енергії, що підводиться, безперервна подача порошку. Недотримання цієї умови неминуче веде до зниження продуктивності. Стабільність процесу нанесення покриття зростає, якщо подача порошку здійснюється в потоці рідини (5 %-й водний розчин емульсолу), що охолоджує. Під час виконання про-

тит на межі з основним мартенситом. Мікротвердість покриттів може досягати 2800 Па. Оптимальним вважають покриття товщиною 300–700 мкм і твердістю 1400–2200 Па. До того ж завжди забезпечується висока міцність зчеплення покриттів з основою.

Найбільш ефективно застосування методу для деталей, що працюють в умовах абразивного і гідроабразивного зношування. Як легуючі матеріали зазвичай застосовують феросплави ФБ-0, ФБ-1 тощо. Зміцненню можна піддавати всі сталі, а також чавуни з феромагнітними властивостями. Можна зміцнювати тіла обертання і площини, зовнішні і внутрішні поверхні.

Лазерне (світлове) наплавлення. Розроблено три способи лазерного наплавлення: з подачею присадного порошку в зону плавлення, оплавлення заздалегідь нанесених паст, оплавлення напилених шарів. Найбільше застосування отримали процеси лазерного наплавлення під час оплавлення заздалегідь нанесених порошкових паст (шлікерних покриттів) або напилених шарів, а також наплавлення з подачею присадного порошку в зону оплавлення. За шлікерного лазерного наплавлення, як зв'язувальні, застосовують епоксидні смоли, самотверднучі пластмаси, розчин бури в ацетоні, спиртний розчин каніфолі, ізопропиловий спирт, рідке скло, силікатний клей, вуглеводні, жири, клейстер тощо

Як присадні матеріали для лазерного наплавлення застосовують суміші порошків різних компонентів, порошки спеціальних сплавів і тугоплавких з'єднань. Останні зазвичай напилюють на поверхню деталей. Суміші порошків широко використовують під час шлікерного лазерного наплавлення, наприклад, $C - Cr - Mn$, $C - Cr - W$ в суміші з ізопропиловим спиртом. У разі використання суміші порошків $Mo - Cr - CrC - Ni - Si$ на вуглеводневій зв'язці, в суміш рекомендується додавати силікон для створення пористого покриття, що добре утримує змащувальні матеріали. Найбільше застосування отримали сплави, що самофлюсуються, на основі нікелю (колманой) і на основі кобальту (стеліти). До порошків сплавів, що самофлюсуються, за лазерного наплавлення часто додають різні складові, наприклад, карбіди вольфраму, титану, бору, ферованадію, феротитану тощо.

Потрібний склад і властивості наплавленого матеріалу можна отримати вже в першому шарі невеликої товщини. Подрібнення структури, розчинення крихких карбідних фаз і утворення пересичених твердих розчинів за лазерного наплавлення призводить до значного поліпшення властивостей покриттів. Перш за все, збільшується зносостійкість, особливо в умовах високих питомих навантажень. Так, зносостійкість під час тертя ковзання нікельхромборкремніювого сплаву, наплавленого лазером, у 3,5 рази вище, ніж плазмових покриттів, оплавлених газополуменевим пальником, і більш ніж у 10 ра-

зів вище, ніж у наплавленого струмами високої частоти. Міцність зчеплення лазерного наплавленого покриття з основою дорівнює міцності одного з матеріалів – основи або наплавленого шару. Істотно підвищується теплостійкість сплавів після лазерного наплавлення.

Зважаючи на унікальні властивості наплавлених шарів лазерне наплавлення найбільш перспективне для відновлення зношених деталей, збільшення стійкості найбільш важко навантажених локальних ділянок деталей машин: ущільнювачів фасок клапанів ДВЗ, посадочних поверхонь деталей газо- і водорозподільчої арматури тощо.

До недоліків лазерного наплавлення можна віднести: 1) виникнення тріщин в наплавленому валику (їх кількість можна зменшити або повністю усунути шляхом попереднього нагріву всієї основи до температури 300–400 °С); 2) невисока продуктивність та к.к.д. процесу; 3) висока вартість обладнання.

3.5. Плазмово-дугове наплавлення

Плазмово-дугове наплавлення полягає у використанні плазмового струменя для плавлення присадного матеріалу і транспортування його частинок на поверхню деталі. Плазмою називають високотемпературний частково або повністю іонізований газ. Плазмовий струмінь одержують пропусканням газу через дуговий розряд у вузькому каналі плазмового пальника, що охолоджується водою (рис. 3.19). Проходячи через канал, стовп дуги стискається, ступінь іонізації дугового проміжку, в якому утворюється плазмовий струмінь, збільшується, а температура підвищується до 15–18 тис. градусів.

Присадним матеріалом для нанесення покриття є дрід або гранульовані металічні порошки, плазмоутворювальними газами — аргон, азот, гелій, водень. Для захисту наплавленого шару від дії зовнішнього середовища використовують аргон, азот, гелій та їх суміші, а також вуглекислий газ.

Обладнання для плазмового наплавлення — джерело живлення (зварювальний перетворювач типу ПСО-500 або випрямляч ППН-160/600), плазмовий пальник (плазмотрон), механізми переміщення пальника і подачі електродного дроту або порошкового матеріалу, системи охолодження. Для нанесення покриттів за допомогою плазми розроблено установки УМП-6 і УПУ-3Д, призначені для одержання стійких проти зношування, корозії і високих температур покриттів шляхом напилювання металічних і керамічних порошкових матеріалів.

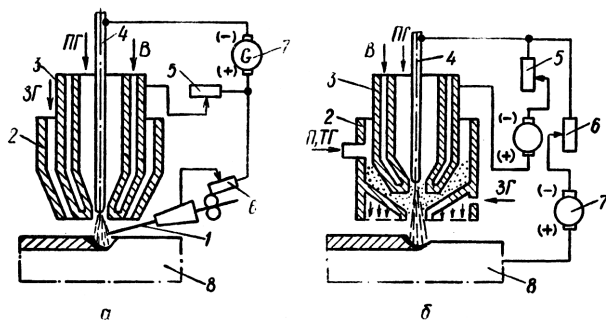


Рис. 3.19 Схема плазово-дугового наплавлення присадним дротом (а) і металічним порошком (б):

В – вода; *ПГ* – плазموутворювальний газ; *ЗГ* – захисний газ; *ТГ* – транспортуєчий газ; *П* – присадний порошок; 1 – присадний дріт; 2 – мундштук; 3 – сопло плазового пальника; 4 – вольфрамовий електрод; 5, 6 – змінні опори; 7 – джерело струму; 8 – деталь

За способом під'єднання до джерела струму плазові пальники умовно поділяють на пальники із залежною (прямою) і незалежною (побічною) дугою та змішаним під'єднанням.

У пальниках із прямою дугою струм протікає між вольфрамовим (неплавким) електродом (катодом) і деталлю (анодом). Плазовий струмінь поєднаний з дуговим розрядом, що призводить до передавання значної кількості тепла до деталі. Тому пряму дугу доцільно використовувати для різання металів.

У пальниках з незалежною дугою катодом є вольфрамовий електрод, а анодом — сопло плазموутворювального пальника. У цьому випадку температура плазми перед виходом із сопла пальника на 25-30% вища ніж біля зовнішнього плазового струменя. Пальники з незалежною дугою застосовують для наплення тугоплавких порошків на поверхню деталі.

За змішаного під'єднання пальника між вольфрамовим електродом і соплом запалюється допоміжна побічна дуга, а між вольфрамовим електродом і деталлю — пряма дуга. Незалежне регулювання сили струму обох дуг дозволяє у широкому діапазоні змінювати кількість тепла, що витрачається на розплавлення поверхневого шару деталі і присадного матеріалу.

Якість нанесеного шару за плазово-дугового наплавлення залежить від якості підготовки (очищення) поверхні під наплавлення і робочих режимів процесу.

Режими плазового наплавлення з використанням різних присадних матеріалів наведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Режими плазмового наплавлення

Вид плазмової обробки	Струм, А	На- пруга, В	Плазмо- утворю- вальний газ і його витрата, л/год	Транспор- туючий газ і його витрата, л/год	Швид- кість по- дачі елек- тродного дроту, м/год	Швид- кість наплав- лення, м/год	Відстань від сопла пальника до пове- рхні де- талі, мм
Наплавлення із застосуванням присадного дроту	180- 260	40-45	Аргон 120-180	-	6-24	9,6	10-20
Наплавлення порошку сормайт № 1	180- 260	40-45	Аргон 90	Азот 240-360	-	9,6	10-12
Напилювання порошку	250- 350	80-90	Аргон 1500	Аргон 1500	-	9,6	120-150
Оплавлення порошку	300- 320	80-90	Азот 1500	-	-	9,6-12,0	65-70

Переваги плазмового наплавлення — добре зчеплення наплавленого шару із основним металом, малі припуски на механічну обробку, якісний наплавлений шар; недоліки — потреба у плазмотворювальному газі, відносно висока вартість обладнання.

Плазмово-дугове наплавлення застосовують для відновлення деталей із зносом 0,1–1,5 мм, а також для нанесення стійких антифрикційних покриттів.

3.6 Спеціальні види наплавлення і зварювання

Заливання рідким металом використовують для відновлення деталей із значним зносом (ланок гусениць, опорних котків, ведучих і напрямних коліс тощо). Суть способу полягає у тому, що очищену від забруднень і корозії деталь покривають флюсом, підігрівають до 200–250 °С і вставляють у підігріту до цієї самої температури металічну форму — кокіль. Рідкий метал (чавун або сталь) через ливникову систему заповнює проміжок між поверхнею зношеної деталі і стінкою кокілю (рис. 3.20). Цей спосіб дозволяє одержати високу точність розмірів, що особливо важливо для деталей складної конфігурації, які не потребують наступної механічної обробки, наприклад ведучих коліс гусеничних тракторів, зірочок тощо.

У зоні контакту розплавленого металу з кокілем, використавши швидке охолодження, можна одержати шар відбіленого чавуну з високою твердістю і стійкістю проти зношування.

На міцність зчеплення покриття з основним металом суттєво впливає попередня підготовка поверхонь, температура металу, що заливається, спосіб заливання і застосування флюсів.

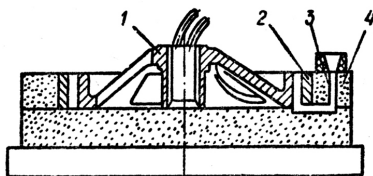


Рис. 3.20. Відновлення зношеного шару деталі заливанням рідким металом:

- 1 — опорний коток; 2 — кокіль;
3 — ливникова система; 4 — опік

Якість сплавлення поліпшується за збільшення шорсткості поверхні. Для цього на відновлюваних поверхнях нарізають канавки або нарізь, піддають їх піскоструминній обробці, інколи травлять у 30%-му розчині сірчаної кислоти.

Флюси складаються із суміші порошків міді, нікелю, бури і борного ангідриду (АНШ-100, АНШ-200 тощо). Їх

наносять шаром товщиною 1–2 мм. Для зв'язування призначений лак № 302. Для заливання застосовують сірий чавун СЧ-15, СЧ-18, СЧ-21, сталі 45Л і 50Л, які мають достатню рідкотекучість. Температура металу має бути на 100–500 °С вищою початку кристалізації.

Найефективніше використовувати цей спосіб на спеціалізованих підприємствах із великою програмою відновлення деталей.

Якщо деталь має рівномірний знос, то кокіль можна не використовувати. Такий спосіб одержав назву «наморожування» металу. Наплавлену поверхню, так само, як і в попередньому випадку, очищають, наносять шар флюсу і підігрівають до 200–250 °С. Після цього деталь на певний час опускають у розплавлений метал. На поверхні деталі «наморожується» шар захололого і закристалізованого металу. Таким способом відновлюють поверхні деталей, які працюють в умовах абразивного зношування.

Індукційне наплавлення. Розплавлений метал можна отримати безпосередньо на поверхні наплавлюваних деталей. Для цього присадний метал у вигляді суміші порошків наносять на поверхню деталі і нагрівають (СВЧ).

Цей спосіб має високу продуктивність за високої однорідності хімічного складу і щільності наплавленого шару. Основний метал проплавляється на глибину, яка дорівнює 10–15% товщини наплавленого шару. Поверхня стає гладенькою і рівною.

Для індукційного наплавлення застосовують матеріали з низькою магнітною проникністю і температурою плавлення на

150–200 °С нижчою температури плавлення матеріалу відновлюваної деталі. Крім того, ці матеріали повинні мати добру рідкотекучість, а після кристалізації — високу стійкість проти зношування (сормайт № 1, ХБК-6-2, УС-25, сталініт, ПС-4, ПС-5, ПС-6).

Під час наплавлення використовують плавлені флюси з високою швидкістю розкислення (60% борної кислоти, 34% бури, 6% селікокальцію або 50% борного ангідриду, 30 бури і 11% селікокальцію).

Індукційне наплавлення застосовують зазвичай для відновлення деталей ґрунтообробних машин — лемешів, плугів, лап культиваторів, ножів плоскорізів, які швидко зношуються. Під час наплавлення утворюється біметалічне з'єднання, яке забезпечує ефект самозаточування деталей у процесі роботи, що суттєво підвищує строк їх служби.

Для індукційного наплавлення використовують генератори з робочою частотою 8-1800 кГц і потужністю 4-200 кВт (В2ГП-60/0,066, В2И-2-100/0,066, В2ГП-100/0,066 тощо) та індуктори, які мають повітряне охолодження і форму, що відповідає наплавлюваній деталі.

Частота генерованого струму f , Гц, залежить від товщини наплавленого шару S , см:

$$f = 3,6 \cdot 10^5 / S. \quad (3.20)$$

Глибина проникнення індуктивного струму у метал деталі δ , мм, визначається за формулою:

$$\delta = 5,03 \cdot 10^{-4} \sqrt{\rho / (\mu f)}, \quad (3.21)$$

де ρ — питомий опір металу, Ом·м; μ — магнітна проникність металу, Г/м.

Для практичних цілей глибину проплавлення можна знайти за формулою:

$$\delta = 700 \sqrt{f}. \quad (3.22)$$

Електрошлакове наплавлення полягає у тому, що присадний метал розплавляється за рахунок тепла, яке виділяється під час проходження струму через розплавлений електропровідний шлак від електрода до деталі.

Наплавлювану деталь 1 (рис. 3.21) встановлюють на пристрій для обертання між габаритними дисками 2. Диски виготовлені з міді за габаритами нової (не зношеної) деталі і мають канали та порожнини для проходження охолоджувальної рідини. До них щільно прилягає мідний кристалізатор металу 3, також охолоджуваний проточною водою. У простір між деталлю, габаритними дисками і кристалізатором засипається флюс 4 і подається електрод 5. У початковий момент між електродом і технологічною планкою збуджується електрична дуга. Тепло, що виділяється, розплавляє флюс і утворюється електропровідна шлакова ванна 6, яка шунтує і гасить дугу. Температура ванни на 200–300 °С вища температури

плавлення електрода. Електрод розплавляється і під дією сили тяжіння осідає вниз, утворюючи ванну 7 розплавленого металу. Під час охолодження метал кристалізується, утворюючи наплавлений шар 8 за формою кристалізатора.

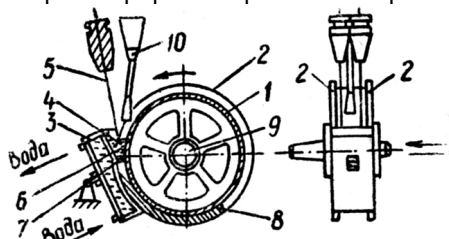


Рис. 3.21. Електрошлакове наплавлення:

- 1 — наплавлювана деталь; 2 — габаритні диски; 3 — кристалізатор; 4 — флюс; 5 — електрод; 6 — шлакова ванна; 7 — ванна розплавленого металу; 8 — наплавлений шар; 9 — оправка; 10 — дозатор

флюсу не перевищує 5% маси наплавленого металу.

Установки для електрошлакового наплавлення комплектуються, як правило, спеціальними трансформаторами з номінальним зварювальним струмом до 1000А і напругою 30-45В та пристроями автоматичного регулювання рівня ванни рідкого металу, наприклад ОКС-7755.

Флюси повинні мати високу температуру кипіння і електропровідність у рідкому стані, добрі захисні властивості. Випускаються спеціальні флюси АН-8, АН-22 і АН-348А.

Фізико-механічні властивості наплавленого металу залежать від матеріалу електродного дроту. Інколи застосовується легування металу введенням додатково в зварювальну ванну порошків.

Режими наплавлення вибирають з умов стійкого процесу і розмірів наплавлюваних поверхонь.

Електрошлакове наплавлення — високопродуктивний процес.

Наплавлений шар одержують рівний і якісний. Використовують для відновлення сильно зношених деталей ходової частини тракторів тільки на спеціалізованих підприємствах.

Електроконтактне зварювання належить до термомеханічного класу. Всі способи контактного зварювання ґрунтуються на нагріванні і пластичному деформуванні заготовок у місці з'єднання. Нагрівання здійснюється теплом, яке виділяється під час проходження електричного струму через з'єднувані деталі, що знаходяться у

контакті. За законом Джоуля-Ленца кількість теплової енергії, яка виділяється у зоні зварювання, визначається за формулою:

$$Q = I^2 R t, \quad (3.23)$$

де Q — кількість тепла, Дж; I — сила зварювального струму, А; R — опір у зоні зварювання, Ом; t — час проходження зварювального струму, с.

Для одержання якісного з'єднання місця зварювання очищають від залишків старої фарби, іржі, бруду. Зварювані деталі стискають між електродами, виготовленими з міді для забезпечення надійного контакту між деталями і електродами.

Контактне зварювання характеризується високою продуктивністю, економічністю і екологічною чистотою процесу. Дозволяє звести до мінімуму витрати допоміжних матеріалів.

У ремонтному виробництві поширене точкове і шовне контактне зварювання, а також електроконтактне приварювання стрічки і напівання порошків для відновлення зношеного шару.

Точкове і шовне зварювання застосовується зазвичай для зварювання листового матеріалу малої товщини.

Точковим зварюванням деталі з'єднують в окремих місцях (точках). При цьому зварювані деталі встановлюють і стискають між двома мідними охолоджуваними електродами контактної машини. Електроди з'єднують із вторинною обмоткою трансформатора (рис. 3.22а). Під час проходження струму метал, розміщений між електродами, нагрівається. Особливо швидко нагріваються ділянки металу, що прилягають до місця контакту між деталями, оскільки вони мають підвищений електричний опір (рис. 3.22б). Крім того, вони менше схильні до охолоджувальної дії електродів.

У момент утворення в зоні зварювання розплавленого ядра заданих розмірів струм виключають. Метал між електродами осаджується і кристалізується, електроди розтискаються.

За шовного зварювання (рис. 3.22в) деталі з'єднують міцним герметичним швом, що складається з декількох точок, в яких кожна наступна точка частково перекриває попередню (рис. 3.22г). На відміну від точкового зварювання деталі встановлюють між мідними роликками, що обертаються і стискаються механізмом. До них підведений електричний струм.

Для точкового зварювання використовують машини типу МТ з максимальною силою зварювального струму від 6 до 40 кА, напругою 1-9 В. Зусилля стискання електродів 0,2–3,2 кН.

Для шовного зварювання використовуються машини типу МШ з максимальною силою зварювального струму від 10 до 63 кА, напругою 2-6 В. Зусилля стискання електродів 0,25–2,0 кН.

У ремонтному виробництві точкове зварювання зазвичай застосовується для ремонту деталей кузовів, шовне — для ремонту місткостей і баків.

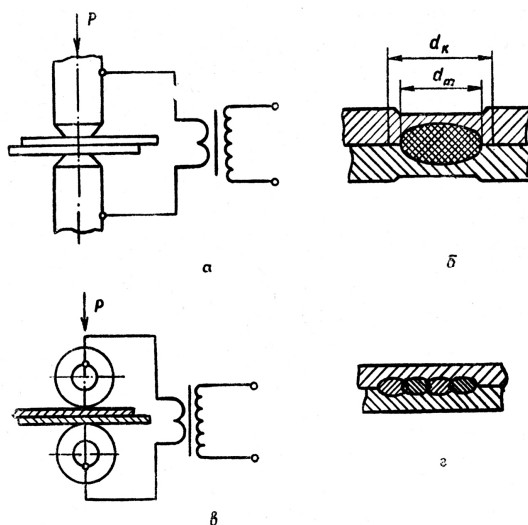


Рис. 3.22. Схема електроконтактного зварювання:
 а — точкове зварювання; б — розріз звареної точки;
 в — шовне зварювання; г — розріз зварного шва

Електроконтактне приварювання металічної стрічки використовують для відновлення зношеного шару циліндричної деталі. Струм напругою 1-4 В і силою 10-20 кА від зварювального трансформатора подається до деталі через ролики, між якими знаходиться приварювальна стрічка (рис. 3.23). Зусилля притискання роликів становить 1,4-1,6 кН. Завдяки спеціальним переривникам струм подається короткими імпульсами тривалістю 0,004-0,008 с. Таким чином, стрічка приварюється до деталі, так як і за шовного зварювання, окремими точками. За рахунок вибору тривалості пауз забезпечується перекриття точок на $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ їх розміру. В осьовому напрямку безперервність приварювання досягається тим, що ширину ролика приймають у кілька разів більшою кроку поздовжньої подачі. Присадним, матеріалом є стрічка товщиною 0,4-0,5 мм або електродний дріт діаметром до 2 мм. Твердість і стійкість проти зношування наплавленого шару залежить і від матеріалу стрічки або дроту. Щоб їх підвищити, зону зварювання охолоджують водою. У поєднанні із застосуванням стрічки високовуглецевих сталей

можна отримати покриття твердістю до 60–61 HRC без спеціальної термообробки.

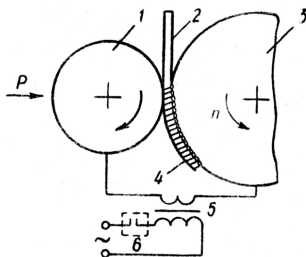


Рис. 3.23. Схема електроконтактного наплавлення стрічки:

- 1 – ролик; 2 – приварювальна стрічка; 3 – деталь; 4 – наварений шар;
- 5 – трансформатор; 6 – регулятор циклу зварювання

Підготовка деталей до електроконтактного приварювання полягає у шліфуванні поверхні деталі до усунення зношеного і наклепаного шару та знежирювання. Після відновлення зношеного шару проводять обробку деталі під нормальний розмір (як правило, шліфування). Припуск на механічну обробку 0,1–0,2 мм.

Електроконтактне приварювання успішно застосовують для відновлення шийок валів і отворів у корпусних де-

талях із чорних і кольорових металів, а також для наплавлення на деталі з кольорових металів сталльної стрічки.

Зварювання тертям — це різновидність зварювання тиском, за якого одна деталь обертається відносно другої нерухомої, до того ж деталі притискаються одна до одної певним зусиллям. Під дією сил тертя відбувається нагрівання зварюваних поверхонь у місці контакту. Зварювання виконують на токарному верстаті, встановлюючи одну деталь у патрон, а другу — у піноль задньої бабки. Нерухому деталь притискають до рухомої зусиллям 50–100 МПа. Коли температура нагрівання торця досягне 1300–1400 °С, верстат виключають і проводять осаджування, стискаючи деталь в осьовому напрямку до 200–300 МПа. Частоту обертання деталі під час зварювання приймають у межах 2000–3000 хв⁻¹.

Зварювання тертям застосовують для з'єднання частин валів та інших крутих стрижнів, труб, хвостовиків різального інструмента.

Для зварювання тертям в умовах спеціалізованих ремонтних майстерень застосовують різні пристрої до універсальних верстатів або спеціальні верстати напівавтомати.

Переваги цього способу полягають у високій якості з'єднання, незначній витраті електроенергії, великій продуктивності.

3.7. Газотермічне напилювання

Газотермічне напилювання — це процес нанесення покриттів на поверхні деталей різної конфігурації за допомогою високотемпературного швидкісного струменя, який містить частинки порош-

ку або краплини розплавленого матеріалу, що осаджується на поверхні під час ударного зіткнення.

Напилюванням можна наносити покриття з різних металів і сплавів як на металічну, так і на неметалічну (кераміку, скло, тощо) основу.

Під час відновлення деталей (компенсації зношеного шару) газотермічне напилювання має низку суттєвих переваг відносно інших видів нарощування поверхонь:

- одержання покриттів із широким спектром заданих властивостей, зокрема створення зміцненого поверхневого шару, який має високу стійкість проти зношування за рахунок вибору матеріалу і технологічних режимів напилювання;

- незначне нагрівання деталі (не вище 200°C), що дозволяє зберігати структуру і властивості основного матеріалу, уникнути додаткових трудомістких операцій термообробки;

- нанесення покриттів із товщиною в широкому інтервалі — від сотих часток міліметрів до кількох міліметрів за високої продуктивності;

- напилювання для захисту поверхонь від корозії і надання їм декоративного вигляду.

До основних видів газотермічного напилювання, залежно від джерела теплової енергії для розплавлення металу, належать газополумєне і газоелектричне (електродугове і плазмове).

Загальний технологічний процес газотермічного напилювання. Для всіх видів газотермічного напилювання технологічний процес складається з таких основних операцій:

- попередня механічна обробка деталей для виправлення геометрії відновлюваної поверхні, знімання дефектного шару і забезпечення потрібної товщини напиленого шару з урахуванням припуску на обробку;

- знежирювання деталей в органічних розчинниках і миття у розчинах СМЗ;

- спеціальна обробка поверхні для забезпечення міцного зчеплення з напилюваним металом;

- напилювання на поверхню металічного шару.

Спеціальна обробка поверхні має особливе значення у зв'язку з тим, що міцність зчеплення є основною характеристикою напиленого шару. Це потрібно враховувати під час розробки технологічного процесу напилювання, оскільки міцність зчеплення суттєво залежить від виду напиленого металу, способу і режимів нанесення покриття.

Технологія спеціальної обробки поверхні вимагає створення шорсткості на поверхні, яка, не знижуючи (помітно) міцності дета-

лі, сприяла б механічному закріпленню напилюваного металу. Для цієї мети застосовують струменево-абразивну обробку, накатування, нарізання «рваної» нарізі, тощо. «Рвану» нарізь нарізають на токарному верстаті за вильоту нарізного різця 70–100 мм і зміщення різальної кромки нижче осі деталі на 1,5–5 мм (залежно від діаметра деталі). Швидкість обертання деталі — 30–40 хв⁻¹. Міцність зчеплення може бути підвищена попереднім напилюванням підшару із спеціальних матеріалів, а також шляхом оплавлення напиленого шару.

Газополуменеве напилювання. Метал (порошковий матеріал або дріт) розплавляється полум'ям суміші газу (ацетилен, пропан-бутан тощо) та кисню і розпилюється стиснутим повітрям або інертним газом. Подання порошкового матеріалу у зону полум'я може здійснюватись за допомогою транспортувального газу (рис. 3.24) або безпосередньо з бункера трубою під дією сили тяжіння. Транспортування порошку за допомогою інертних газів сприяє зменшенню окиснення розплавлених частинок металу. Перевага введення порошку стиснутим повітрям полягає у простоті обладнання і відсутності потреби у транспортувальному газі, але в цьому випадку має місце інтенсивніша взаємодія, частинок порошку з навколишнім середовищем.

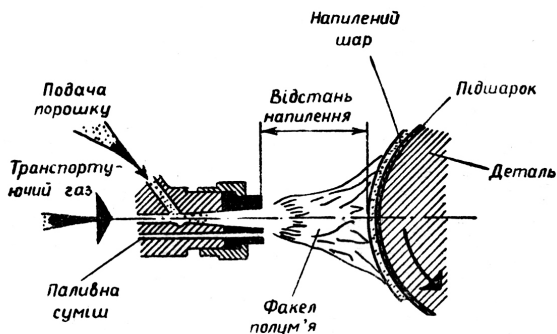


Рис. 3.24. Схема подавання порошку у факел полум'я за рахунок інжекції струменем газів

Для підвищення міцності зчеплення напилюваного металу і поверхні деталі застосовують попереднє напилювання, тобто створюють підшарок. Під час напилювання підшарку, наприклад, із суміші нікелю і алюмінію (якщо один з них виконує у порошку або порошковому дріті роль обгортки, а другий — роль наповнювача) між ними відбувається екзотермічна реакція (з виділенням тепла) і в момент ударяння частинок по поверхні деталі їх температура до-

сягає 1450 °С. Як результат частинка (крапля), яка складається з нікелю, алюмінію та їх оксидів, міцно приварюється до поверхні і створює шорсткість для надійного зчеплення наступного (основного) шару із заданими механічними властивостями.

Інколи перед нанесенням покриття, для видалення адсорбованої вологи і підвищення міцності зчеплення покриттів, рекомендується проводити попереднє нагрівання деталей до 90–180 °С у сушильній шафі або полум'ям напильовального апарата без подачі порошку (за невеликих розмірів деталей).

Для відновлення деталей, які працюють в умовах тертя, застосовують стійкі проти зношування порошки на основі нікелю або дешеві сплави на основі заліза, які мають високі експлуатаційні і технологічні властивості.

Хімічний склад порошків на основі нікелю, %: нікель — 80, хром — 12–15, бор — 1,5–4, кремній — 0,5–4, вуглець — 0,3–1,0, залізо — 5. Марки порошків мають позначення, наприклад ПГ-ХН80СР2 (Х — хром, Н — нікель, С — кремній, Р — бор), де остання цифра (2, 3 або 4) характеризує відсотковий вміст всіх елементів, крім нікелю або заліза.

Порошкові сплави на основі нікелю мають низьку температуру плавлення (950–1050 °С), регульовану твердість (35–60 HRC), рідкотекучість, високу стійкість проти зношування і властивість самофлюсування. А бор (Р) і кремній (С) у цих сплавах активно віднімають кисень від окислів. Головним недоліком цих сплавів є їх висока вартість.

Порошкові сплави на основі заліза з високим вмістом вуглецю мають низьку вартість, високу стійкість проти зношування, але більш тугоплавкі (температура плавлення 1250–1300 °С) і не самофлюсуються. Ці сплави містять ферохром і карбіди бору (наприклад, сплав ФБХ-6-2), забезпечуючи твердість HRC 56–63. Застосовуються також композиційні порошкові суміші сплавів на основі нікелю і заліза. Наприклад, композиція ПС-1 являє собою суміш порошків у рівних пропорціях: на основі нікелю — ПГ-ХН80СР3 і на основу заліза — ПГ-У30Х28Н4С4 (твердий сплав сормайт).

Газополуменеве напильовання порошків може застосовуватися без оплавлення і з оплавленням напиленого шару. В останньому випадку значно поліпшується міцність зчеплення з основним металом і підвищується стійкість відносно знакозмінних навантажень на деталь у процесі експлуатації.

Електродугове напильовання. За електродугового напильовання (рис. 3.25) два дроти з напиленого металу діаметром 1–2 мм, з'єднані з електричним джерелом живлення, безперервно подаються за допомогою механізму подавання напрямними наконечника-

ми. У точках їх зближення виникає електрична дуга, яка розплавляє метал. Останній стиснутим повітрям або інертним газом, який подається каналами металізатора (газотермічне напilenня у літературі часто називають металізацією), переноситься на поверхню зі швидкістю 100–300 м/с у вигляді частинок розміром 3–300 мкм.

Частинки металу, взаємодіючи із зовнішнім середовищем під час польоту, покриваються оксидною плівкою. У разі зіткнення з поверхнею деталі ця плівка за рахунок кінетичної енергії частинок руйнується, утворюючи на поверхні суцільне шарувате покриття з великою кількістю пор і оксидів. Зчеплення частинок з поверхнею відбувається за рахунок адгезії і механічного зчеплення з шорсткою поверхнею.

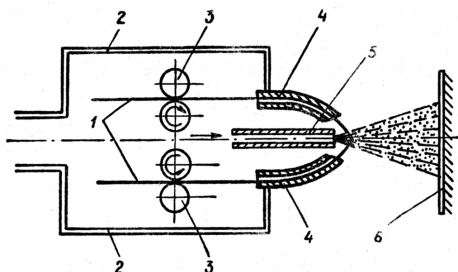


Рис. 3.25 Схема електродугового металізатора:

- 1 — дріт; 2 — корпус механізму подавання дроту; 3 — ролики;
4 — наконечники; 5 — повітряне сопло; 6 — деталь

Для електродугового напilenня використовують дроти Нп-30, Нп-30ХГСА, Нп-30Х13 діаметром 1,2–2,5 мм.

Приблизний режим процесу: напруга 25–40 В, сила струму 80–160 А, швидкість подавання дроту 0,6–1,5 м/хв, тиск повітря 0,4–0,6 МПа, відстань від сопла до деталі 80–100 мм. Застосовують ручні (ЕМ-3, ЕМ-9) і стаціонарні (ЕМС-1, ЕМ-12) металізатори.

Перевага електродугового напilenня — простота обладнання і висока продуктивність, а наявність у поверхневому шарі пористості створює сприятливі умови для роботи рухомих з'єднань (за малих навантажень). Недоліком способу є окиснення і вигорання легуючих елементів, а також зниження втомлюваної міцності.

Плазмове напilenня полягає у тому, що метал, розплавлений плазмовим струменем (див. п. 3.5), розпилюється і наноситься на відновлювану поверхню тими самими газами, які застосовують для плазмоутворення і захисту.

За допомогою плазмового струменя, який має високу температуру, можна наносити будь-які тугоплавкі матеріали, карбіди, бори́ди, оксиди з високою швидкістю і рівномірністю. Застосування

для плазмоутворення і захисту нейтральних газів, аргону, азоту та їх сумішей сприяє мінімальному виторанню легуючих елементів і окисненню частинок. Плазмові покриття мають високу щільність і міцність зчеплення з основним металом.

3.8. Електроконтактне напикання металічних порошків

Варіанти схем, електроконтактного напикання металічних порошків наведено на рис. 3.26.

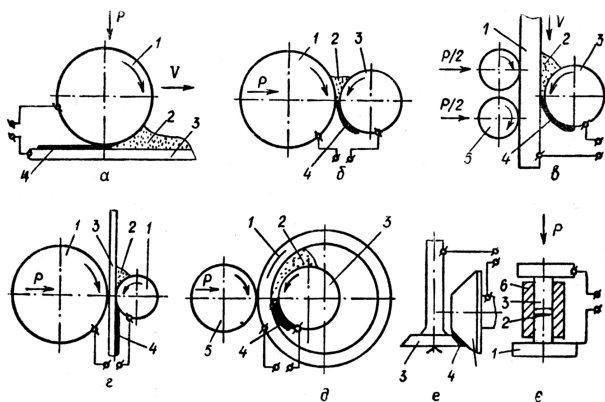


Рис. 3.26. Схеми електроконтактного напикання металічних порошків:

a, б, в, г, д, е — варіанти; 1 — контактний ролик електрод;
2 — металічний порошок; 3 — деталь; 4 — напечений шар порошку;
5 — натискний ролик; 6 — форма

Фізико-механічна суть процесу полягає в тому, що металічний порошок подається у зону контакту між роликом-електродом і відновлюваною деталлю. Під час проходження зварювального, струму частинки порошку нагріваються до температури спікання (0,6–0,9 температури плавлення), пом'якшуються, пластично деформуються під дією тиску ролика. Спікання частинок порошку у кульку і припикання її до відновлюваної деталі відбуваються за рахунок дифузійних процесів і сплавлення частинок порошку в окремих контактних точках їх поверхні.

Покриття одержують тверде (HRC 50-63) з пористістю 6–12%. Заповнення пор маслом сприяє утворенню стійкої масляної плівки і підвищенню стійкості деталі проти зношування.

Для напикання використовують порошки АПМ, АПХМ, сормайт 1, суміш порошку АПМ з феромарганцем тощо.

Режим напікання: сила зварювального струму становить 2,5–3,5 кА на сантиметр ширини ролика за напруги 0,7–1,4 В, тиск роликів 40–60 МПа, швидкість напікання 0,12–0,25 м/хв.

Перевага процесу — висока продуктивність, мала глибина теплової дії і висока стійкість припеченого шару проти зношування. До недоліків можна віднести обмежену товщину шару, що напікається, і складність обладнання.

3.9. Електроіскрове нарощування

Електроіскрове нарощування металу застосовується для зміцнення або відновлення зношеної поверхні деталі. Величина нанесеного шару не перевищує 0,7 мм. Завдяки можливості використання різних електродних матеріалів для нарощування на робочу поверхню деталі можна одержати задані експлуатаційні властивості. Перевагою електроіскрового нарощування металу порівняно з іншими методами наплавлення є:

- формування мінімальної зони термічного впливу (0,2–0,8 мм), що забезпечує стабільність властивостей основного металу деталі;
- можливість використання малотехнологічних, але ефективних за досягнутими властивостями, електродних матеріалів;
- можливість відновлення і зміцнення деталі з нетехнологічних матеріалів, наприклад чавунів, різних високовуглецевих і легованих сплавів;
- забезпечення мінімального обсягу механічної обробки і витрати електродного матеріалу.

Електроіскрове нарощування металу являє собою сукупність короткочасних дугових розрядів, які одержують під час обертання електродів, що стискаються з наплавлюваною поверхнею деталі.

Суть методу полягає в тому, що краплі металу електрода (анода) відокремлюються і швидко кристалізуються, сплавляючись із поверхнею деталі (катодом). Метал, який відокремився від анода імпульсом електричного струму, легує поверхневий шар деталі з формуванням високотвердих включень (нітридів, карбонітридів, карбідів) і загартованих структур матриці.

У період електроіскрового розряду через електроди проходить потужний (до 105–106 А/мм²) імпульс струму. Температура у міжелектродному зазорі досягає 10000–15000 °С. Присутність у зоні високих температур азоту повітря, а також різних легуючих елементів, які входять до складу електрода-анода, дозволяє не тільки нарощувати поверхню деталі, але і легувати її, поліпшуючи фізико-механічні та експлуатаційні властивості поверхні.

Для нарощування використовують різні робочі режими: чистові, середні, грубі. Використовуючи грубі режими, можна наростити до 0,5–0,7 мм металу, м'які — до 0,2 мм.

Для більшості матеріалів максимальна швидкість перенесення металу становить 100–150 мкм/с.

Нарощування металу на зношену поверхню проводять за частоти обертання електроду $5\text{--}10\text{ с}^{-1}$, постійного струму силою 150–200 А і напруги 9–10 В.

Електродами може бути пучок зі 100–150 дрітків діаметром 0,5–0,8 мм чи диски з листового металу діаметром до 250 мм.

Електроди у вигляді пучка дрітків частіше всього використовують для нарощування внутрішніх посадочних поверхонь базисних деталей — коробок передач, ведучих мостів, редукторів, а також штоків, золотників, різальних кромek деталей сільськогосподарських машин.

Електроди, виготовлені у вигляді диска, доцільно застосовувати для обробки тіл обертання або плоских поверхонь.

Для електродів підходять будь-які струмопровідні матеріали. Залежно від умов експлуатації і вимог до деталей використовують електроди з конструкційних і легованих сталей, особливо із вмістом хрому, які забезпечують збільшення товщини нанесеного шару, підвищення його мікротвердості і стійкості проти зношування.

Для електроіскрового нарощування металу застосовують ручні і механізовані установки (ЕФІ-10, «Елітрон-52», «Елітрон-344»).

Ручні установки доцільно використовувати для обробки деталей з малою площиною робочої поверхні, складним профілем, електродами з дорогих матеріалів.

Механізована установка «Елітрон-344» (рис. 3.27) ефективна під час обробки деталей типу тіл обертання. Вона складається з двох генераторів, формуючих технологічний струм, токарного верстата і блока керування. До верстата кріпиться оброблювальна головка, призначена для комутування розрядного ланцюга вібруючим електродом. Вона включає два електромеханічних вібратори, які працюють від одного двигуна. Вібратором є електромагнітна муфта.

Блок керування призначений для регулювання роботи установки і параметрів процесу.

До основних характеристик, які визначають якість відновленого шару, належать: товщина шару, середня висота мікронерівностей, наявність дефектів (пори, раковини, тріщини) і їх кількість на 1 см^2 , мікротвердість.

Характеристикою процесу формування покриттів є питомий приріст маси деталі. До найбільш важливих технологічних параметрів, які забезпечують якість нанесеного шару, належать: енергія

імпульсів, питомий час легування і частота імпульсів. Збільшення енергії імпульсів призводить до зростання товщини нарощуваного шару, висоти мікронерівностей, суцільності покриття, питомого приросту маси за незначного зниження твердості цього шару. Із збільшенням питомого часу обробки мікротвердість і суцільність покриття підвищуються. Збільшення частоти імпульсів сприяє зменшенню товщини шару, висоти мікронерівностей, суцільності покриття, питомого приросту маси. Мікротвердість шару зростає.

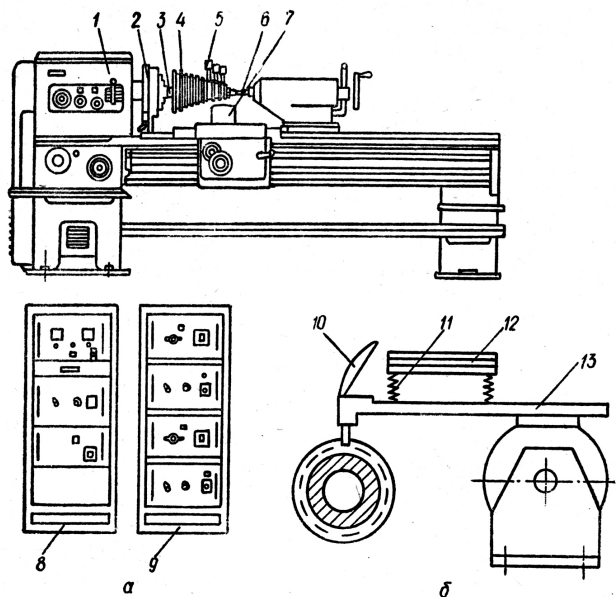


Рис. 3.27. Установка «Елітрон-344» (а) і оброблювальна головка (б):
 1 — токарний верстат ІК62; 2 — трикулачковий патрон зі струмозніма-
 чем; 3 — оправка; 4 — оброблювана деталь; 5 — оброблювальна головка;
 6 — центр; 7 — екран; 8, 9 — генератори; 10 — гумова трубка для охоло-
 дження електрода; 11 — пружина; 12 — тягарці; 13 — тримач

3.10. Електролітичні металопокриття

Електролітичні покриття мають досить високі, технологічно регульовані фізико-механічні властивості і дозволяють відновлювати деталі з невеликими зносами без структурних змін основного металу, що дуже суттєво для термічно оброблених поверхонь. Гальванічне нарощування дозволяє тонко регулювати величину при-

пуску на наступну механічну обробку і в окремих випадках застосовувати розмірне покриття. Корозійна стійкість деяких видів покриттів створює антикорозійний захист деталей, а гарний зовнішній вигляд — декоративність. Багато операцій електролітичного покриття може здійснюватись одночасно для великих партій деталей.

Електролізом називають хімічні процеси, які відбуваються на електродах під час проходження електричного струму через електроліти (рис. 3.28). Електроліти — кислоти, луки і солі, розчинені у воді, які дисоціюють, розпадаючись при цьому на позитивні і негативні іони. Вода (H_2O) є слабким електролітом і дисоціює на іони водню ($2H^+$) і гідроксиду (OH^-). При дисоціації металів і водню одержують позитивний заряд (катіони) і, переміщуючись у процесі електролізу до поверхні катоду (електрод, з'єднаний з негативним полюсом джерела струму), поповнюються електронами, тобто відновлюються (електровідновлення) і перетворюються у нейтральні атоми. Аналогічно, іони кислотних залишків гідроксидів, маючи негативний заряд (аніони), переміщуються до поверхні анода (електрод, з'єднаний з позитивним джерелом струму), розряджаються, віддаючи надлишкові електрони, тобто окиснюються (електроокиснення) і перетворюються у нейтральні атоми.

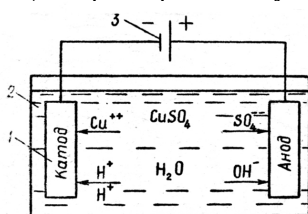


Рис. 3.28. Схема установки для електролітичного осадження металу:

- 1 — деталь; 2 — електроліт;
3 — джерело струму

Під час електролізу основним процесом на катоді є виділення металу із супутнім виділенням водню, а на аноді — кисню. Катодом є виріб, який покривають, а анодом — металічні пластини, стрижні або інші металічні конструктивні форми. Електроліз металів може здійснюватися із розчинними (наприклад, під час залізнення) або нерозчинними (під час хромування) електродами.

У першому випадку основним процесом для них буде розчинення металу, який підлягає осадженню на деталі, тобто перехід атомів металу у розчин у вигляді катіонів, а супутнім — виділення кисню. Утворені катіони підтримують постійну концентрацію електроліту. При електролізі з нерозчинними анодами поповнення електроліту іонами металу відбувається шляхом додавання в електроліт речовини, яка містить цей метал.

Слід мати на увазі, що властивості електроосаджених металів відрізняються від властивостей тих самих металів, одержаних металургійним шляхом. Це пояснюється тим, що метал виділяється на

катоді в особливих умовах кристалізації (електрокристалізації) з утворенням різних структур (крупно- і дрібнокристалічна, шарувата, тощо) і з певною орієнтацією кристалів — текстурою. Ці фактори надають електролітичним покриттям особливих фізико-механічних властивостей. Наприклад, електролітичне залізо за своїми властивостями за певних режимів осадження не поступається загартованій сталі, тобто значно відрізняється від властивостей чистого заліза.

Параметри, які характеризують електроліз, ґрунтуються на законах Фарадея і визначають основні технологічні режими електролітичних покриттів. З першого закону Фарадея випливає, що теоретична маса речовини, яка виділяється на катоді, пропорційна кількості електрики, що пройшла через електроліт:

$$m_T = cIt, \quad (3.24)$$

де m_T — маса осадженого металу, г; c — електрохімічний еквівалент речовини, яка виділяється на катоді, г/А·год; I — сила струму, А; t — тривалість електролізу, год.

Другий закон Фарадея встановлює, що електрохімічний еквівалент цієї речовини пропорційний його хімічному еквіваленту, який дорівнює відношенню атомної маси елемента (a) до його валентності (n). Коефіцієнт пропорційності являє собою величину, обернену постійній Фарадея, яка визначає кількість електрики, необхідної для виділення під час електролізу одного грам-еквівалента речовини: $F=96480$ Кл=26,8А·год (1А·год = 3600Кл). Таким чином, з цього закону випливає залежність для розрахунку електрохімічного еквіваленту:

$$c = \frac{1}{F} \cdot \frac{a}{n}. \quad (3.25)$$

Наприклад, для осадження шестивалентного хрому (з хромового ангідриду CrO_3): атомна маса хрому $a=52$ г, а його валентність $n=6$. За формулою (3.25) електрохімічний еквівалент $c = 0,323$.

Оскільки на катоді одночасно з осадженням металу виділяється водень, а також можуть протікати й інші відновлювані процеси (без виділення яких-небудь речовин), на які витрачається частина струму, то дійсна маса осадженого металу буде менша розрахункової за формулою Фарадея. Відношення дійсної кількості речовини (m_d) до теоретичної (m_T) називається виходом за струмом (η) або коефіцієнтом корисної дії (к.к.д.) ванни, вираженим у відсотках:

$$\eta = \frac{m_d}{m_T} 100. \quad (3.26)$$

Під час розрахунків технологічних режимів електролітичних процесів користуються питомим параметром — щільністю струму,

який визначають як відношення сили струму до площі поверхні деталі (катода), яку покривають:

$$D_k = \frac{I}{S_k}, \quad (3.27)$$

де D_k — катодна щільність струму, А/дм²; I — сила струму, А; S_k — площа катода, дм².

Аналогічно можна визначити і анодну щільність струму D_a .

Для визначення товщини h приблизно рівномірно осажденного металопокриття виразимо його масу через об'єм і питому масу металу (γ):

$$m_{\phi} = S_k h \gamma. \quad (3.28)$$

Використовуючи співвідношення (3.26), (3.27) і (3.28), одержимо залежність для розрахунку товщини осаженного металу:

$$h = \frac{c D_k t \eta}{1000 \gamma}. \quad (3.29)$$

Розмірність параметрів: c , г/А·год; D_k , А/дм²; t , год; η , %; γ , г/см³; h , мм.

За формулою (3.29) визначається середня товщина покриття металу, оскільки в дійсності більшість електролітів дають нерівномірні осад, тобто мають обмежену розсіювальну здатність, під якою розуміється властивість електролітів забезпечувати рівномірність за товщиною покриття на катодах (деталях) складної форми, елементарні поверхні яких розміщені на різних відстанях від анода.

Розсіювальна здатність — один з найважливіших показників придатності електроліту. Він залежить від характеру розподілу силових ліній, які пронизують робочий об'єм електроліту.

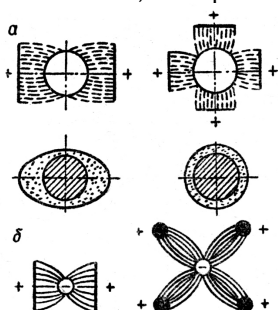


Рис. 3.29. Вплив розміщення анодів (а) та їх форми (б) на характер силових ліній і рівномірності наросування покриття

Силові лінії не поширюються рівномірно в електроліті між анодом і катодом, а концентруються на їх краях, викликаючи нерівномірну щільність струму і різну швидкість відкладання. Метал нерівномірно відкладається на краях деталі (більше) і на середині (менше). На характер розподілу металу на катодах впливають розміри, і форма анодів та їх розміщення відносно деталей. Деякі прийоми зменшення нерівномірності наросування електролітичних покриттів ілюструє рис. 3.29.

Крім розсіювальної здатності, розрізняють покривну здатність елек-

троліту або роботу ванни в глибину, під якими розуміється здатність електроліту якісно покривати заглиблені місця виробу незалежно від його рівномірності за товщиною.

Підготовка деталей до електролітичного нарощування передбачає механічну обробку, знежирювання, травлення.

Механічну обробку деталей виконують із метою видалення слідів зношування, надання поверхні правильної геометричної форми і одержання необхідної шорсткості (не нижче $R_z=10$ мкм), для чого застосовують такі види обробки, як шліфування, притирання, полірування, тощо.

Знежирювання проводять після механічної обробки в органічних розчинниках (бензин, уайт-спірит), а потім ізолюють місця, які не підлягають покриттю, кислотостійкими матеріалами (перхлорвінілова плівка або лак, клей БФ-2, тощо). Отвори у деталях закривають пробками. Після цього деталі монтують на підвісний пристрій, конструкція якого повинна забезпечувати надійний контакт з шиною ванни.

Жирові плівки повністю видаляють наступним хімічним або електрохімічним знежирюванням у лужних розчинах за температури 60–80°C. Одним із варіантів хімічного знежирювання є знежирювання віденським вапном (суміш оксиду кальцію і магнію у рівних пропорціях).

Під час електрохімічного знежирювання деталей є катодом, а пластини з маловуглецевої сталі — анодом. Процес знежирювання підіпшується завдяки додатковому руйнуванню жирової плівки киснем, який виділяється на катоді.

Після знежирювання деталі промивають теплою (60–70 °C) проточною водою.

Травлення проводять для видалення окисних плівок і виявлення кристалічної структури поверхні деталі, що забезпечує надійне зчеплення покриття з основним металом. Деталі піддають хімічному або електрохімічному травленню.

Хімічне травлення здійснюють у суміші сірчаної і соляної кислот (3–5% кожної) за кімнатної температури. У випадку електрохімічного травлення деталі обробляють на аноді. Вибір електроліту і режим травлення визначається природою металу і його окислів.

З електролітичних покриттів найпоширеніші залізнення, хромування, цинкування.

Залізнення має низку переваг перед іншими процесами електролітичного осадження металів за рахунок застосування дешевих і розповсюджених матеріалів. При цьому вихід за струмом становить 80–90%, твердість покриття — до 7800 МПа. Є можливість одержання осадків товщиною до 2 мм.

Для гальванічного осадження заліза застосовують два види електролітів, які розрізняються за температурою процесу — холодні і гарячі.

Гарячі електроліти (понад 50°C) потребують більшої витрати енергії для підтримання високої температури, частого їх коректування, відведення шкідливих випаровувань тощо. Однак вони широко використовуються для відновлення деталей завдяки високій продуктивності процесу.

Холодні електроліти (менше 50 °C) не мають указаних недоліків і до того ж стійкіші до окиснення.

Гарячі електроліти за складом ділять на три групи: хлористі, сірчаноокислі та змішані. Частіше всього використовують хлористий електроліт, до складу якого входить хлористе залізо $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — 200–500 г/л і хлористий натрій NaCl — 100 г/л. Застосування хлористих електролітів дозволяє одержати щільні дрібнозернисті осадки завтовшки до 1,5–2 мм із стійкістю проти зношування, близько до стійкості загартованої сталі. Такі електроліти дозволяють значно (до 60 А/дм²) підвищити щільність струму, а за доведення їх до температури 90–95°C — одержати пластичні покриття з невеликими внутрішніми напруженнями.

Властивість покриттів (твердість, в'язкість, стійкість проти зношування) можна змінювати у широких межах за рахунок зміни складу електроліту і його кислотності, щільності струму, температури електроліту. За малої щільності струму і високих температур одержують дрібнозернисті в'язкі покриття. Твердість покриттів підвищується за підвищення щільності струму або зниження температури. Такий самий вплив має і зменшення концентрації хлорного заліза в електроліті.

Досить ефективним і перспективним у ремонтному виробництві є залізнення на асиметричному струмі у холодному електроліті, до складу якого входить сірчаноокисле залізо $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 200 г/л і хлорне залізо — 150–250 г/л. Перевагою цього способу є можливість одержання осадків заліза різної твердості без зміни складу електроліту і його температури, відсутність процесу підігрівання електроліту, поліпшення умов праці за рахунок зниження кількості випаровувань з поверхні електроліту. Схему установки для залізнення на асиметричному змінному струмі наведено на рис. 3.30.

Основні фактори, які впливають на властивості осадів заліза з холодних хлорних електролітів у разі використання асиметричного змінного струму — катодна щільність струму D_k і коефіцієнт асиметрії β , визначені за формулами:

$$D_k = i_{\text{сеп}} / S_k ; \quad (3.30)$$

$$\beta = i_{\text{сеп}}^k / i_{\text{сеп}}^a , \quad (3.31)$$

де $i_{\text{сеп}}^k, i_{\text{сеп}}^a$ — середні значення (рис. 3.31) за період відповідно катодного і анодного імпульсів струму, А; S_k — площа катода, дм^2 .

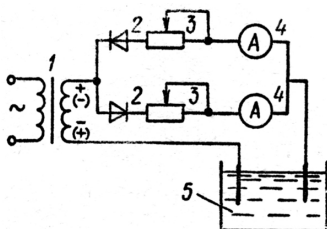


Рис. 3.30. Схема установки для залізнання на асиметричному змінному струмі:

1 — знижувальний трансформатор; 2 — діоди ВК-50; 3 — реостати; 4 — амперметри; 5 — гальванічна ванна

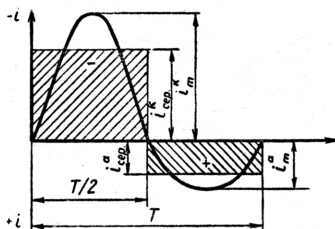


Рис. 3.31. Форма асиметричного струму:

$i_{\text{сеп}}^k, i_{\text{сеп}}^a$ — середній струм відповідно катодний і i_m^k, i_m^a — амплітудний струм відповідно катодний і анодний

Залежність твердості осадів заліза від коефіцієнта асиметрії і щільності струму наведено на рис. 3.32.

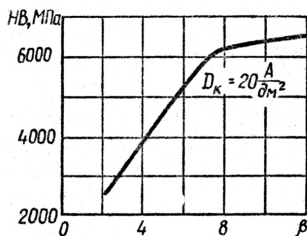


Рис. 3.32. Залежність твердості осадів від коефіцієнта асиметрії

Для залізнання застосовують аноди з маловуглецевої сталі. Відношення площі анодів до площі поверхні деталі (катода) приймають 2:1. У процесі електролізу аноди розчиняються, утворюється шлам, який засмічує електроліт, тому аноди рекомендують покривати чохлами із склотканини.

Електролітичне нарощування зношених поверхонь великогабаритних корпусних деталей і деталей складної конфігурації, наприклад розподільних валів, викликає утруднення за ізоляції місць, що не підлягають покриттю, потребу мати ванни великого розміру, тощо. Для таких деталей рекомендують застосовувати позаванне залізнання (рис. 3.33), суть якого полягає в тому, що у зоні нанесення покриття утворюється місцева ванна.

Підвищити продуктивність процесу електролізу можна за рахунок застосування високих щільностей струму і ведення осадження металу в проточному електроліті, тобто під час руху електроліту відносно поверхні деталі. У цьому випадку необхідна спеціальна

установка, яка включає насос і систему трубопроводів для подачі електроліту, аноди спеціальної форми, що враховують форму, відновлюваної поверхні деталі. При цьому аноди розміщуються всередині нарощуваної поверхні, а в простір між анодом і деталлю за допомогою насоса безперервно подається електроліт.

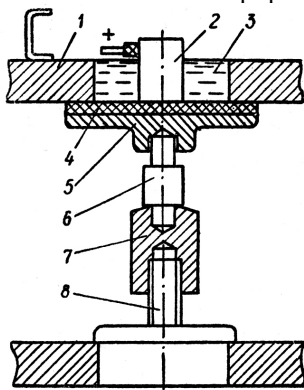


Рис. 3.33. Схема нарощування поверхні отвору позаванним залізненням:

- 1 — деталь; 2 — анод; 3 — електроліт;
- 4 — гумова прокладка; 5 — диск;
- 6 — упорний стрижень; 7 — гайка;
- 8 — гвинт

ними матеріалами, в зв'язку з чим підвищується інтенсивність їх зношування. Для усунення цього недоліку проводять пористе залізнення за допомогою анодного травлення. Покриті залізом деталі після механічної обробки вдруге поміщають в електроліт як анод. Процес травлення ведуть на режимі: $D_a = 25\text{--}35 \text{ А/дм}^2$, $t = 75\text{--}80^\circ\text{C}$, тривалість — 3–5 хв. Як результат такої обробки сітка тріщин на поверхні осаду заліза перетворюється в сітку каналів, які є резервуарами для утримання мастила на робочій поверхні деталі.

Хромування надає деталям стійкості проти зношування, корозії, а також гарний зовнішній вигляд. Поряд з цим процес хромування малопродуктивний і має високу собівартість.

Для хромування найчастіше застосовують електроліти, які складаються з хромового ангідриду CrO_3 і сірчаної кислоти H_2SO_4 , розчинених в дистильованій воді.

Всі види хрому можна отримати на різних режимах в одному універсальному електроліті, який складається з 250 г/л CrO_3 і 2,5 г/л H_2SO_4 .

Для позаванного залізнення (наприклад, отворів у чавунних корпусах коробок передач) рекомендують використовувати висококонцентрований електроліт складу: 700 г/л $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ і 50 г/л $\text{MnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, процес вести на асиметричному змінному струмі на режимі: $T_k = 120 \text{ с}$, $T_a = 12 \text{ с}$, $D_k = D_a = 40\text{--}60 \text{ А/дм}^2$, $t = 80^\circ\text{C}$. За таких умов одержують якісне покриття товщиною до 1,3 мм за середньої швидкості осадження металу 0,30–0,32 мм/год.

Поверхні деталей, покритих гладеньким електролітичним залізом, не мають достатньої змочуваності мастиль-

Захисно-декоративні осадки хрому можна отримати з наведеного вище електроліту за щільності струму $D_k = 7\text{--}30 \text{ А/дм}^2$ і температурі електроліту $t = 35\text{--}50^\circ\text{C}$.

Крім універсального, існує низка інших електролітів — саморегулюючий, тетрахроматний тощо.

Саморегулюючий електроліт має властивості автоматичного підтримання концентрації іонів SO_4 і SiF_6 , у зв'язку з чим його коректування проводять рідше. До складу такого електроліту входять: хромовий ангідрид — $200\text{--}300 \text{ г/л}$, сульфат стронцію — $6,5\text{--}7,0 \text{ г/л}$, кремнієфторид калію — $18\text{--}20 \text{ г/л}$. Режим процесу хромування: щільність струму $D_k = 50\text{--}100 \text{ А/дм}^2$, температура електроліту $t = 50\text{--}70^\circ\text{C}$.

Тетрахроматний електроліт дозволяє вести процес електролізу за кімнатної температури. Склад електроліту, г/л : хромовий ангідрид — $350\text{--}400$, сірчана кислота — $2,0\text{--}2,5$ каустична сода — $40\text{--}60$, цукор або глюкоза — $1\text{--}2$. Режим процесу: щільність струму $D_k = 10\text{--}80 \text{ А/дм}^2$, температура електроліту $t = 20^\circ\text{C}$.

З універсального електроліту, змінюючи щільність струму і температуру, можна одержати блискучі, молочні і матові (сірі) осадження.

Блискучі осадження одержують за $t = 55^\circ\text{C}$ і $D_k = 35\text{--}70 \text{ А/дм}^2$. Вони рекомендуються для нарощування деталей, що працюють за питомим навантаженням до $2,5 \text{ МПа}$ (сухе тертя) і $3,9\text{--}4,9 \text{ МПа}$ (рідинне тертя).

Анодним травленням блискучого осадження у хромовому електроліті за $D_k = 30\text{--}40 \text{ А/дм}^2$ можна одержати пористе покриття хрому, яке використовується для відновлення деталей, що працюють в умовах граничного тертя.

Молочні осадження одержують за $t = 60^\circ\text{C}$ і вище, $D_k = 25\text{--}35 \text{ А/дм}^2$. Вони характеризуються доброю змочуваністю і достатньою в'язкістю. Рекомендуються для нарощування деталей, що працюють за питомого тиску $7,8\text{--}9,8 \text{ МПа}$ і як антикорозійне покриття.

Матові (сірі) осадження хрому одержують за високої щільності струму $D_k = 70\text{--}100 \text{ А/дм}^2$ і температури $t = 35\text{--}50^\circ\text{C}$. Вони мають велику твердість та крихкість, низьку стійкість проти зношування.

Анодами під час хромування є пластини з чистого свинцю або сплаву свинцю з 5% сурми. Відношення площі анодів до площі катодів приймають від $1:1$ до $2:1$.

Пористе хромування. Електролітичні гладенькі осадження хрому характеризуються незадовільними змочуваністю маслами і припрацюванням, що обмежує їх застосування у ремонтному виробництві.

Для підвищення стійкості в умовах граничного тертя використовують осадження пористого хрому, які можна одержати електролітичним, хімічним і механічним способами.

Електролітичний спосіб ґрунтується на анодному травленні покриттів хрому, які мають мікроскопічну сітку тріщин. У цьому випадку можна отримати пористість двох видів: каналну і точкову (віспоподібну). За однакової інтенсивності анодного травлення об'єм точкових пор перевищує об'єм каналних більш як у 3 рази. Тому осадження з точковою пористістю частіше застосовують для деталей, які працюють в умовах недостатнього мащення і високих температур (наприклад, для поршневих кілець).

Хімічний спосіб полягає у розширенні і поглибленні мікротріщин шляхом травлення хромових покриттів у соляній або сірчаній кислоті. Цей спосіб малопродуктивний і не отримав широкого застосування в умовах ремонтного виробництва.

Механічний спосіб одержання пористих осаджень полягає в попередньому (перед хромуванням) формуванні шорсткості поверхні деталі накатуванням, віброобкатуванням, піскоструминною обробкою тощо. Осаджуваний шар хрому копіює попередньо створений рельєф, утворюючи таким чином пористу поверхню, яка добре утримує мастило, що сприяє суттєвому підвищенню стійкості відновлюваних деталей проти зношування.

Міднення застосовують для відновлення зовнішнього діаметра бронзових втулок і утворення підшару під час нікелювання тощо.

Електроліт для міднення складається з сірчаної кислоти H_2SO_4 (50–75 г/л). Покриття наносять за щільності струму $D_k = 2\text{--}4 \text{ А/дм}^2$, температури електроліту $t = 20^\circ\text{C}$. Вихід за струмом становить 98–100%. Анодом є пластини з міді М1 і М2.

Нікелювання як основне покриття інколи застосовують для захисту деталей від корозії і з декоративною метою, а частіше — як підшар за декоративного хромування.

Електроліт для нікелювання складається із (г/л): сірчаної кислоти нікелю NiSO_4 (140), сірчаної кислоти натрію Na_2SO_4 (50), борної кислоти H_3BO_3 (25), хлорного натрію NaCl (5), сірчаної кислоти магнію MgSO_4 (10). Процес ведуть за щільності струму $D_k = 0,5\text{--}5 \text{ А/дм}^2$ і температури електроліту $t = 20^\circ\text{C}$. Вихід за струмом 90–95%.

Тверді і стійкі нікелеві покриття одержують з електроліту такого складу: щавлевокислого амонію — 300 г/л, сірчаної кислоти нікелю — 140 г/л, хлорного натрію — 10 г/л. Режим електролізу: щільність струму $D_k = 10 \text{ А/дм}^2$, температура електроліту $t = 75\text{--}82^\circ\text{C}$. Аноди виготовляють із нікелю Н-1.

Хімічне нікелювання виконується без застосування електричного струму. Воно призначене для одержання твердих і стійких проти зношування покриттів. Основна перевага хімічного нікелювання — можливість нанесення рівномірного за товщиною осаду на поверхні виробів складного профілю.

Технологічний процес відновлення деталей хімічним нікелюванням включає механічну обробку, ізоляцію поверхонь, які не підлягають покриттю, миття і знежирювання, хімічне травлення, промивання водою, нікелювання і кінцеве промивання водою. Для хімічного нікелювання рекомендують такий склад розчину, г/л: сірчанокислий (хлорний) нікель — 20–30, гіпофосфат натрію — 15–25, янтарнокислий (оцтовокислий) натрій — 10–12. Осадження ведуть за температури 90–92 °C, рН = 4,5–5,5.

Основним недоліком, який перешкоджає широкому впровадженню хімічного нікелювання у виробництво, є зміна складу розчину за часом у процесі нікелювання, що призводить до зниження інтенсивності осадження нікелю аж до повного припинення процесу. Добру якість осадження можна одержати тільки у свіжоприготованому розчині.

Електролітичне осадження металів натиранням доцільно застосовувати під час відновлення посадочних місць валів і осей, а також для нанесення покриттів на поверхні отворів під вальниці у корпусних деталях. Суть способу полягає в тому, що анод — вугільний стрижень, покритий тампоном з вати або сукна, до якого підводиться електроліт, переміщується відносно нарощуваної поверхні.

Тампон (анод), просочений електролітом, у разі контактування з поверхнею деталі (катодом) утворює маленьку ванночку, в якій проходять всі електрохімічні процеси, властиві гальванічному виділенню металу.

Відносне переміщення анода (катода) перешкоджає росту кристалів покриттів, що сприяє зниженню їх внутрішніх напружень і дозволяє підвищити щільність струму до 150–200 А/дм². Покриття при цьому одержують дрібнозернисте з підвищеною твердістю.

Технологічний процес електролітичного натирання включає попередню механічну обробку, знежирювання, промивання гарячою і холодною водою, травлення (декапірування) з наступним промиванням водою і нанесення покриття.

Електролітичне натирання може бути застосоване для покриття поверхонь цинком, міддю, нікелем, залізом, хромом.

Для відновлення, наприклад, нерухомих з'єднань застосовується залізнення електронатиранням. Для цього рекомендують використовувати електроліт, який містить 600 г/л хлорного заліза

($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) з кислотністю $\text{pH} = 1$. Катодна щільність струму $D_k = 200 \text{ А/дм}^2$, колова швидкість деталі — 20 м/хв .

3.11 Застосування полімерних матеріалів

Полімерні матеріали поділяються на дві групи: термопластичні (термопласти) і термореактивні (реактопласти).

Термопласти під дією тепла у процесі переробки плавляться, а під час охолодження твердіють. При цьому в них не відбуваються хімічні реакції. Під час повторного нагрівання вони знову переходять у пластичний стан, але їх фізико-механічні властивості погіршуються.

З термопластів у ремонтному виробництві використовують поліамідні смоли, які добре працюють в умовах тертя ковзання після нанесення їх на поверхню деталі тонким шаром (до $0,2\text{--}0,7 \text{ мм}$). Застосовують термопласти для ремонту і виготовлення деталей.

Реактопласти під дією тепла під час переробки спочатку розм'якшуються і частково плавляться, а потім як результат хімічних реакцій переходять у неплавкий — твердий і нерозчинний стан (процес незворотний).

З реактопластів найпоширеніші епоксидні смоли з добавками різних компонентів, які забезпечують задані властивості композиції. Реактопласти застосовують для зароблювання тріщин і пробойні у корпусних деталях, склеювання, тощо.

Нанесення тонкошарових покриттів у псевдостиснутому шарі використовують для відновлення зношених поверхонь деталей хімічного і антикорозійного захисту, поліпшення антифрикційних властивостей поверхонь тертя, створення електро- і теплоізоляції, а також для декоративних цілей.

Суть процесу полягає в тому, що деталь нагріту до температури на $30\text{--}50^\circ\text{C}$ вище температури плавлення полімеру занурюють на деякий час у завислий, так званий псевдостиснутий шар полімерного порошку.

Частинки порошку, які знаходяться у завислому стані, осідають на поверхню нагрітої деталі і, оплавляючись, перетворюються у рівномірне покриття. Псевдостиснутий шар одержують вихровим або вібраційним способом (рис. 3.34а,б). За вихрового способу порошок набуває властивості киплячої рідини під дією стиснутого повітря, а вібраційного — за рахунок вібрації гумового дна камери.

Перед нанесенням полімерного покриття деталі із зносом до $0,2 \text{ мм}$ зачищають шліфувальною шкуркою, а більше $0,2 \text{ мм}$ — піддають механічній обробці. Поверхні чавунних деталей знежирюють

технічним ацетоном, а сталеві деталі для кращої адгезії полімеру фосфатують у киплячому розчині простого суперфосфату протягом 5–10 хв.

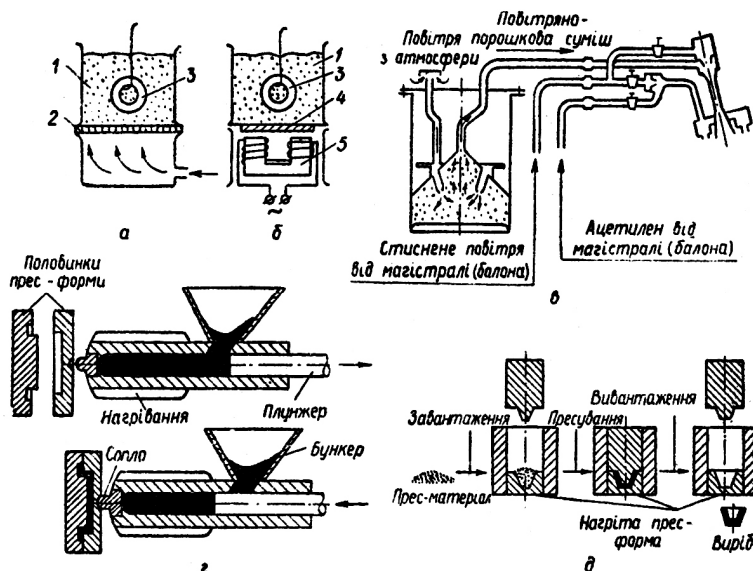


Рис. 3.34. Схеми нанесення полімерних матеріалів:

а, б — відповідно вихровий вібраційний способи нанесення покриттів:
 1 — камера з порошком полімеру; 2 — пориста перегородка; 3 — деталь;
 4 — гумова діафрагма із залізною пластиною; 5 — електромагніт;
 в — схема роботи установки для газополуменового напілювання полімерних покриттів; з — схема лиття під тиском; д — схема переробки термоактивних матеріалів методом пресування

Після нанесення покриття проводять термообробку, потім деталь на 10 хв занурюють у ванну з нагрітою до 100–120 °С оливою і охолоджують її на повітрі. Охолоджену деталь за потреби піддають механічній обробці.

Під час нанесення полімерних матеріалів у псевдостиснутому шарі застосовують порошкоподібні полімери з розміром частинок 0,1–0,15 мм (капрон, полікапролід, порошкові епоксидні композиції ЕП-49А, П-ЕП-177, П-ЕП-91 тощо) і установки А67М та КИМС-223М.

Якість покриттів, отриманих у псевдостиснутому шарі, визначають візуально. Раковини, тріщини, пори і відшарування від мета-

лічної поверхні не допускаються. Товщину покриття перевіряють електромагнітними товщиномірами ЕМТ-2М, MSM1 або MSM2.

Нанесення покриттів газополуменим способом використовують для вирівнювання нерівностей на деталях кабін, оперенні і облицюванні тракторів та автомобілів, нанесення на поверхні деталей електро- і теплоізоляційних, декоративних і захисних покриттів.

Суть способу полягає в тому, що струмінь повітря із завислими у ньому частинками порошкового полімеру пропускають через факел ацетиленового полум'я. За температури 650–700 °С і вище полімерний матеріал внаслідок значної швидкості проходження через зону полум'я (20–30 м/с) розм'якшується до пластичного стану і під час удару по підготовленій поверхні деталі зчіплюється з нею, утворюючи суцільне полімерне покриття.

Найчастіше для газополумених покриттів застосовують поліетилен, полістирол, композиції на основі полівінілбутираля ПФН-12 і ТПФ-37, тощо.

Покриття наносять за допомогою установок типу УПН-6-63 або УГПА-П (рис. 3.34б).

Покриття, одержане газополуменим напиленням, має бути щільним, без бульбашок і нерівностей. Відшарування нанесеного покриття не допускається.

Ремонт і виготовлення деталей з термопластичних полімерних матеріалів литтям під тиском або пресуванням застосовують для одержання покриттів на зношеній поверхні деталі з достатньо високим ступенем точності, а також для виготовлення нових і ремонтних деталей.

Технологія виготовлення деталей литтям під тиском така. Полімерний матеріал, попередньо розплавлений і нагрітий на 50–70 °С вище точки плавлення в інжекційному циліндрі ливарної машини, подається плунжером або черв'яком (шнеком) в формуючі гнізда ливарної прес-форми під тиском 10–20 МПа (рис. 3.34г). Попередньо прес-форму підігрівають до 80–100 °С. Застигаючи у гніздах під тиском, полімерний матеріал набуває конфігурації виробу. Після застигання виробу ливарна прес-форма розкривається і виріб разом з ливником виштовхується з формуючої порожнини. Інклекційний механізм повертається у вихідне положення і весь цикл лиття повторюється. Процес формування матеріалу у виріб відбувається дуже швидко — за 20–30 с.

Перед нанесенням полімерного покриття на зношену деталь проводять відповідну підготовку поверхні, аналогічну під час нанесення матеріалу в псевдостиснутому шарі. Потім встановлюють деталь у прес-форму, формуюча порожнина якої має розміри, які відповідають розмірам ремонтваної деталі з урахуванням усадки

полімерного матеріалу. Потім подають полімерний матеріал. Параметри процесу залишаються такими самими, як і під час лиття деталі.

Після виготовлення або відновлення деталей зачищають шви, видаляють облой, ливниковий прибуток і проводять термообробку у маслі.

Основними полімерними матеріалами, які застосовуються під час лиття під тиском, є: поліаміди ПА-610, П-66, П-12Л; поліетилен високого і низького тиску; поліпропілен; полістирол удароміцний; поліформальдегід, тощо.

Для лиття полімерних матеріалів під тиском застосовують: горизонтальні ливарні машини типу Д3127-48, Д3328-1.00 і вертикальні ливарні машини типу ПЛ-71.

Контроль якості і розмірів деталей проводять через 24 год після лиття під тиском. При цьому на поверхні покриття або деталі не допускаються хвилястості, раковини, тріщини, пори, бульбашки і втягування.

З термореактивних полімерних матеріалів на ремонтних підприємствах методом пресування виготовляють такі деталі, як рукоятки, втулки, ковпачки, шестерні, крилатки, а також ними відновлюють зношені поверхні деталей з товщиною покриття до 5 мм. Цей спосіб полягає у тому, що прес-матеріал у вигляді порошку або таблеток завантажують у нагріту до 150–210 °С прес-форму і нагрівають під тиском (1570МПа). Режими, у межах наведених інтервалів, залежать від матеріалу порошку (рис. 3.34д). Полімер, розм'якшуючись і розтікаючись по внутрішній порожнині прес-форми, приймає її конфігурацію, потім затвердіває. Тиск преса знімають, розбирають прес-форму і виймають готовий виріб. У цьому випадку застосовують прес-порошок загального призначення 01-030-02, удароміцний прес-порошок У4-080-02, прес-порошки для автотракторних деталей Е7-361-73, Е8-361-73, Е10-342-63 тощо.

Пресування проводять на рамних пресах верхнього тиску з індивідуальним приводом типу ДБ-2424Б, ДБ-2428, П472Б, П474А.

Контроль якості виготовлених і відновлених деталей здійснюють шляхом зовнішнього огляду і вимірювання розмірів. Поверхня деталі не повинна мати тріщин, сколів, задирок і недопресувань. Виріб повинен мати блискучу і гладеньку поверхню.

Зароблювання тріщин із застосуванням полімерних матеріалів використовують для ремонту блоків і головок блока циліндрів, картерів коробок передач, корпусів задніх мостів, баків та інших деталей. При цьому користуються епоксидними смолами ЕД-16 і ЕД-20, які затвердівають під дією затвердника. Для підвищення еластичності і ударної міцності смоли до її складу вводять

пластифікатори. Крім того, до складу епоксидної композиції додають наповнювач, за допомогою якого поліпшуються фізико-механічні або антифрикційні властивості, підвищується теплостійкість, теплопровідність і знижується вартість.

Епоксидну композицію готують за два етапи — спочатку послідовно змішують нагріту до 60–80 °С епоксидну смолу, пластифікатор і наповнювач. Цей склад можна зберігати тривалий час. А безпосередньо перед нанесенням композиції на деталь вводять затвердник і використовують її протягом 20–25 хв.

Для зарівнювання тріщин засвердлюють її кінці і обробляють кромки (рис. 3.35а). Поверхню тріщини зачищають з обох боків до металічного блиску і знежирюють ацетоном. Тріщини завдовжки до 20 мм зарівнюють шаром епоксидної композиції завтовшки на 3 мм вище поверхні (рис. 3.35б). За довжини тріщини 20–150 мм її зарівнюють з укладанням двох шарів накладок із склотканини. Перший шар має перекривати тріщину на 20–25 мм, другий — на 10–15 мм (рис. 3.35в,г). Накладки, прикочують роликми і покривають шарами епоксидної композиції.

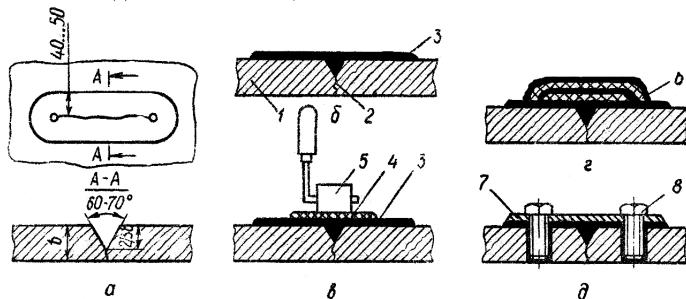


Рис. 3.35. Схеми ремонту тріщин епоксидною композицією:

а — розроблювання тріщин під заробку епоксидною композицією;
 б — нанесення першого шару епоксидної композиції; в — накладання накладки на тріщину і прикочування роликми; г — нанесення епоксидної композиції на другу накладку; д — зароблювання тріщини за її довжини понад 150 мм: 1 — деталь; 2 — тріщина; 3 — епоксидна композиція; 6 — накладки із склотканини; 5 — ролик;
 7 — металічна накладка; 8 — болт

На тріщини завдовжки понад 150 мм наносять епоксидну композицію з накладанням металічної латки і закріпленням її болтами (рис. 3.35д).

Процес затвердіння композиції за температури 18–20 °С триває 72 год, за 40 °С — 48, 60 °С — 24, 80 °С — 5, а за 100 °С — 3 год без прикладання зусиль.

Роботи, пов'язані з підготовкою поверхні, приготуванням і нанесенням епоксидного матеріалу, проводять тільки у витяжній шафі (наприклад, типу ОП-2078).

Якість зарівнювання тріщини і пробоїни перевіряють лупою 8-10-кратного збільшення. Покриття має бути рівномірним, без тріщин, пор і відшарування композиції від поверхні деталі. За потреби проводять гідравлічні випробування відремонтованої деталі.

Одним із прогресивних способів зарівнювання тріщин є клеєзварювальний спосіб. Він ґрунтується на використанні контактного точкового зварювання і склеювання. Поверхню деталі готують механічним способом і знежирюють. Кінці тріщин засвердлюють. Виготовляють сталю накладку завтовшки 1–2 мм, залежно від товщини стінки деталі. На підготовлену поверхню наносять епоксидну композицію певного складу. Знежирену накладку встановлюють на клейову основу і приварюють точковим електроконтактним зварюванням не суцільним швом, а точками. Нагрівання відновленої поверхні, яке відповідає точковому зварюванню, поліпшує полімеризацію епоксидної композиції, яка завершується через 5–6 год. Такий спосіб забезпечує формування з'єднання з граничною міцністю на розтягування 169–178 МПа. У зварювальних машинах для цього способу використовують зварювальні кліщі з джерелом живлення типу К-264 і К-243В.

Застосування синтетичних клеїв. Одним з найвідоміших технологічних процесів з використанням клеїв є наклеювання антифрикційних накладок на гальмівні колодки і диски зчеплення.

Суть процесу приклеювання розглянемо на прикладі ремонту гальмівних колодок. Зношені гальмівні накладки видаляються з поверхні колодок. Після цього колодки зачищають до металічного блиску, знежирюють ацетоном і сушать протягом 10 хв. Нові фрикційні накладки зашкурюють і знежирюють. На спряжені поверхні колодок і гальмових накладок наносять перший шар клею ВС-10Т завтовшки 0,1–0,2 мм, після чого деталі витримують 15–20 хв. У шарі клею не має бути бульбашок повітря, води, масла і бруду. Другий шар наносять так, як і перший. Підготовлені колодки і накладки встановлюють у пристрої типу ОП-1468-13-070, який забезпечує притискання поверхонь з питомим тиском 0,2–9,5 МПа. Зміщення накладок відносно колодок допускається не більше 0,5 мм. Затиснуті у пристрої колодки і накладки витримують у термошафі за $180 \pm 10^\circ\text{C}$ протягом 1–2 год, після чого охолоджують із шафою до $70\text{--}100^\circ\text{C}$ з наступним охолодженням на повітрі.

Для склеювання антифрикційних матеріалів з металічними деталями, які працюють в інтервалі температур $60\text{--}200^\circ\text{C}$, використовують

ють клей на основі модифікованих фенолоформальдегідних смол ВС-10Т, ВС-350, БФТ-52, ГИПК 11-10.

Якість склеювання перевіряють остукуванням диска зчеплення молотком. Гальмові колодки після склеювання обов'язково випробовують на зсув у спеціальному пристрої. Зусилля зсуву має бути не менше 17МПа.

Анаеробні клеї – це однокомпонентні матеріали, які твердіють за кімнатної температури за умови відсутності контакту з киснем. Рідкий компонент затвердіння залишається неактивним, доки він знаходиться у контакті з атмосферним киснем. Якщо клей позбавлений доступу атмосферного кисню, наприклад, у разі з'єднання деталей, відбувається швидке затвердіння, особливо за одночасного контакту з металом. Це затвердіння може бути представлене таким чином: у разі припинення надходження атмосферного кисню формуються вільні радикали під дією іонів металу (Cu, Fe), ці вільні радикали сприяють початку процесу полімеризації (рис. 3.36).

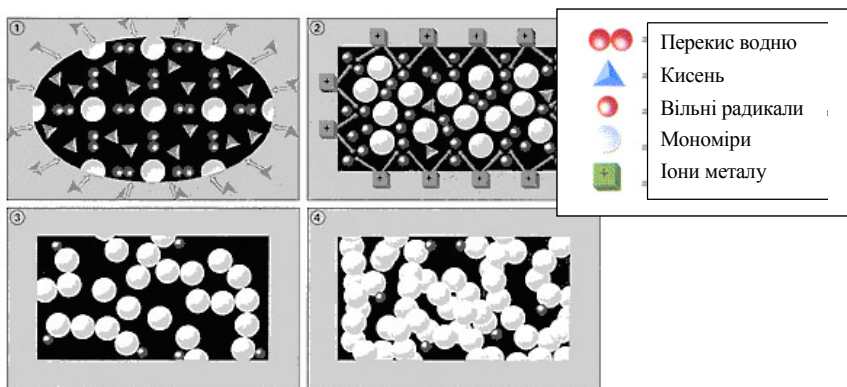


Рис. 3.36. Полімеризація клеїв за анаеробної реакції

За постійної дії кисню клей залишається в рідкому стані (1). У разі потрапляння клеїв у зазор припиняється надходження кисню (2), перекиси перетворюються на вільні радикали, вступаючи в реакцію з іонами металу. Вільні радикали стимулюють формування полімерних ланцюжків (3). Затверділий стан (4) є твердою структурою із зшитими полімерними ланцюжками.

Капілярний ефект дозволяє проникати анаеробним клеям навіть у дуже маленькі зазори. Затверділа склеювальна речовина «уклинюється» в шорсткі поверхні деталей. Процес полімеризації також стимулюється контактом клеїв з металевими поверхнями, ви-

ступаючими як каталізатор. Оскільки пасивні матеріали мають нульовий або мінімальний каталітичний ефект, то для прискорення і досягнення остаточної полімеризації потрібні активатори. У таких випадках на одну або обидві склеюванні поверхні заздалегідь наносять рідкий активатор, а потім – склеювальну речовину. Наперед змішувати компоненти неактивного клею і активатора не можна.

Анаеробні клеї мають такі властивості: дуже висока міцність, хороша термостійкість (від -50 до +200 °С), швидке затвердіння, легкість нанесення автоматичним дозатором, оскільки вони однокомпонентні, не потрібна фінішна обробка частин; допустима шорсткість поверхні 8-40 мкм (га), одночасний ефект герметизації і високої хімічності, висока вібростійкість, висока стійкість до динамічних навантажень.

Швидкість затвердіння анаеробних продуктів, головним чином, залежить від типу склеювання поверхонь, величини зазору між деталями.

Анаеробні клеї для посадочних з'єднань (втулок, вальниць тощо) і нарізі. використовують для герметизації пор литва і зварних швів, зацільнювання плоских роз'ємних з'єднань, фіксації гладких циліндричних з'єднань (рис. 3.37), а також для фіксації, контріння і зацільнювання нарізі, запобігає самовідкручуванню, забезпечує захист нарізного з'єднання від корозії (рис. 3.38, табл. 3.7, 3.8).

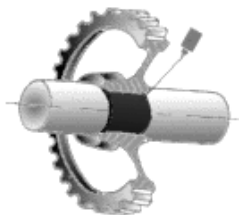


Рис. 3.37. Схема застосування анаеробних клеїв для посадочних місць

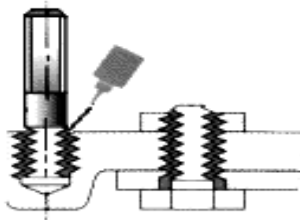


Рис. 3.38. Схема застосування анаеробних герметиків для нарізних з'єднань

Таблиця 3.7

Анаеробні клеї для міцного (нерозбірного) з'єднання нарізних з'єднань

Марка	УГ-7	УГ-8	УГ-9	УГ-10	АН-111	АН-112	АН-6	АН-6В	АН-117ВМ
Максимальна нарізь, що складається	M12	M80	M20	M20	M36	M12	M80	M36	M36
Робоча температура, °С	-60+150					-60....+175	-60.... 150		-60....+250

Таблиця 3.8

**Анаеробні клеї для розбірних нарізних з'єднань,
які розбиратимуться**

Марка	УГ-6	УГ-11	УГ-2М	АН-5МД	АН-8К	АН-17М	АН-17	АН-18	АН-6К
Максимальна нарізь, що складається	M20	M12	M20	M20	M36	M36	M36	M36	M36
Робоча температура, °C	-60....+150								

Посадка з натягом під час з'єднання деталей потребує дорогої механічної обробки з жорсткими допусками, важкого пресового устаткування. Під час збирання виникають напруження, деформація валів, втулок, підвищується відсоток браку. Використання анаеробних герметиків (табл. 3.9) дозволяє перейти на посадку із зазором, відмовитися від накатування валів за одночасного збільшення межі міцності на зрушення.

Таблиця 3.9

**Технічні характеристики анаеробних клеїв
для посадових місць**

Марка	УГ-7	УГ-8	УГ-9	АН-103	АН-111	АН-112	АН-6В
Максимальний зазор, мм	0,1	0,35	0,2	0,2	0,25	0,15	0,3
Робоча температура, °C	-60....+150			-60...120	-60....+150	-60....+175	-60....+150

Анаеробні клеї-герметики для фланцевих з'єднань і трубної нарізі. Звичайні засоби ущільнення (механічні, пристосування з металу, гуми тощо), як правило, виготовляються із дефіцитних матеріалів, вимагають великих витрат праці і засобів. Вони часто виявляються технічно непридатними: руйнуються під дією вібрації і навантажень, розчиняються в агресивних рідинах, забруднюють робоче середовище. Анаеробні клеї-герметики в чистому (матеріалом ущільнювача є тільки анаеробний герметик) або комбінованому (під час нанесення складу на прокладку) вигляді забезпечують ущільнення, що витримує тиск газів до 40, рідин до 60 МПа, трясіння, вібрацію (табл. 3.10).

Акрилові клеї. Клеї призначені для склеювання і герметизації плоских і гладких циліндричних з'єднань. Акрилові клеї відрізняються великою швидкістю затвердіння і високою міцністю під час відриву (табл. 3.11, 3.12).

Таблиця 3.10

**Технічні характеристики анаеробних клеїв
що використовуються для трубної нарізі
та фланцевих з'єднань**

Марка	АН-501	АН-8	АН-8К	АН-17	АН-17М	АН-18
Максимальний зазор, мм	0,2	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1
Температура, °С	-60....+150					

Таблиця 3.11

Технічні характеристики акрилових клеїв

Марка	АН-103	АН-111	АН-105АБ	АН-106АБ	АН-110АБ	Квант-401
Час схоплювання	15–20 хв (10–20 с з активатором)	5–10 хв	2–3 хв	2–3 хв	15–90 с	10–20 с (УФ-опромінювання)
Міцність за відриву, МПа	30	30	35	35	30	5 (метал-з склом)
Температура експлуатації, °С	-60....+120	-60....+150	-60....+150	-60....+175	-60....+150	-40....+80

Таблиця 3.12

Цианакрілатні клеї швидкого затвердіння

Марка	ТК-200	ТК-201	МИГ	КМ-200	ТК-300
Час схоплювання хв, не більше	1	1	1	1	1
Межа міцності за відриву, МПа	28	25	20	20	20
Температура експлуатації, °С	-60....+125	-60....+125	-60....+100	-60....+100	-60....+200

Застосовуються для склеювання різних матеріалів: металу, стекла, багатошарового скла, кераміки, пластмаси.

Клеї – в'язкі однорідні рідини, здатні тривалий час залишатися в початковому стані, а в присутності кисню повітря швидко твердіють у вузькому зазорі між склеюваними поверхнями з утворенням міцного клейового з'єднання.

Просочувальні сполуки для ліквідації течі в зварних швах, литві, прокаті, металокераміці. Анаеробні герметики застосовують для усунення мікродфектів (пор, тріщин) у місцях зварювання деталей, виготовлених з прокату, литва або пресуванням. Для цього

використовують низьков'язкі герметики (в'язкість 10–20 МПа). За наявності дефектів понад 0,07 мм можливе комбіноване просочення. Тоді вироби, заздалегідь просочені низьков'язким герметиком, ущільнюють додатково герметиком з в'язкістю до 200 МПа (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

**Технічні характеристики анаеробних герметиків,
які застосовуються для усунення мікрodefектів**

Марка	АН-ПК80*	АН-1	АН-1У	ДН-1	АН-50У	АН-260
Максимальний зазор, мм	0,1	0,1	0,1	0,15	0,1	0,15
Температура, °С	-60....+150					-60....+200

Примітка. *Твердіє за 95–120 °С

Еластomers. Для відновлення гумової поверхні, а також усунення її дефектів використовують еластomers. Найбільш зрозуміле пояснення слову "еластomers" дає тлумачний словник: це полімери, що мають за звичайних температур вискоеластичні властивості, тобто, здібні до величезних оборотних деформацій розтягування. Типові еластomers – каучук і гума. Ті самі еластomers, про які ми говоримо, є двокомпонентними («база» – «отверджувач») рідкими (90ф, 75ф) матеріалами і тиксотропними пастоподібними (90т, 75т) матеріалами на основі гуми хімічного затвердіння з каучуковими і волоконними наповнювачами. Завдяки своїй будові, еластomers дуже швидко повертаються в початковий стан – тобто, мають велику еластичність. Саме тому еластomers широко використовують, коли потрібне відновлення устаткування: обгумування, виготовлення (відливання) нестандартних форм ущільнень і прокладок, відновлення гумових валів і ланок, гумованих поверхонь циліндрів насосів і роторів.

Еластomers належать до матеріалів багатоцільового призначення. Крім вже вказаних функцій: відновлення устаткування, ремонт устаткування, обгумування і т.д., полімери цієї групи також можуть використовуватися як захисне покриття. Вони стійкі і до високих температур, і до хімічної дії: хімічна стійкість є однією з головних характеристик еластомерів. Крім того, еластomers прості в застосуванні – головне, правильно підготувати поверхню, на яку їх наноситимуть. Рідкі еластomers наносяться щіткою, пастоподібні – шпателем, до того ж наносяться тільки на ретельно очищену і знежирену поверхню, на якій не має бути ніяких домішок. Після нанесення еластomers висихають приблизно за 20 хвилин.

3.12. Компенсація зношеного поверхневого шару пластичним деформуванням

Ремонт (відновлення) деталей пластичним деформуванням ґрунтується на здатності металів змінювати свою форму під тиском. Пластичне деформування можливо під час нагрівання деталей і без нього.

Без нагрівання слід прикладати великі навантаження, структура металу не змінюється, але зменшується в'язкість, і підвищується твердість. Прикладені навантаження можуть бути значно зменшені, якщо деталь нагріти до температури, яка дорівнює 0,8–0,9 температури плавлення, що призводить до зміни структури і механічних властивостей матеріалу.

Ремонт деталей пластичним деформуванням має низку переваг: простий, не трудомісткий, якісний і не потребує застосування додаткових матеріалів. До недоліків способу належать: зміна механічних властивостей деталі, витрати на нагрівання і порушення термообробки під час нагрівання, можливість появи тріщин, особливо в разі деформування деталей у холодному стані, а також необхідність виготовлення спеціальних, штампів. Як правило, спосіб пластичного деформування використовують для компенсації невеликих зносів, які не потребують значних переміщень металу. На практиці застосовують такі види ремонту (відновлення) деталей пластичним деформуванням: роздавання, обтискання, витягування, осадження, вдавлювання.

Роздавання застосовується для відновлення геометричної форми і розмірів деталі за зношування зовнішньої поверхні. Під час роздавання напрямок прикладеної сили P_d (рис. 3.39а) збігається з напрямком деформації δ . Спосіб застосовують під час відновлення деталей типу втулок, порожнистих пальців, шліцьових валів.

Технологічний процес ремонту полягає у продавлюванні через отвір деталі кульки або спеціального пуансона. Цей вид пластичного деформування широко застосовується для ремонту поршневих пальців тракторних двигунів. Пальці піддають високому відпуску, потім продавлюють пуансон через внутрішній отвір пальця. Діаметр пуансона має бути вибраний відповідно до внутрішнього діаметра отвору у пальці і забезпечувати при цьому припуск на механічну обробку зовнішньої поверхні пальця у межах 0,1 мм. Потім поршневий палець загартовують і відпускають, а за необхідності — цементують, шліфують і перевіряють твердість. За допомогою магнітної дефектоскопії визначають наявність тріщин.

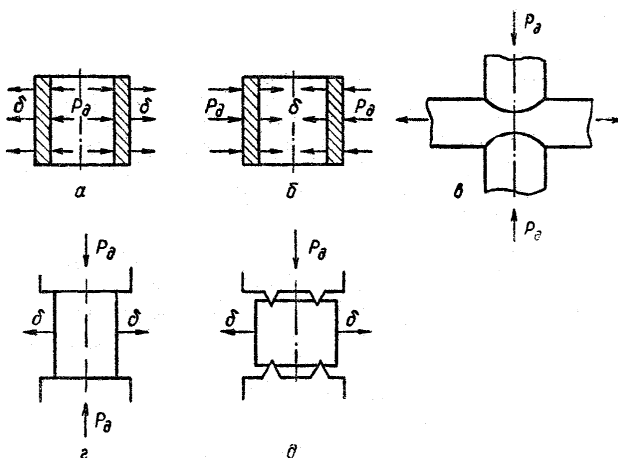


Рис. 3.39 Схеми компенсації зношеного шару пластичним деформуванням:

а — роздавання; *б* — обтискання; *в* — витягування; *г* — осадження; *д* — вдавлювання

Тонкостінні поршневі пальці, втулки, а також деталі з кольорових металів роздають без відпуску, але, контролюючи якість ремонту, обов'язково перевіряють на відсутність тріщин.

Обтискання відрізняється від роздавання напрямком прикладеної сили і деформації (рис. 3.39б) і застосовується для компенсації зношеного шару внутрішньої поверхні деталі.

Спосіб пластичного деформування обтисканням застосовується під час ремонту деталей, для яких зменшення зовнішніх розмірів не має значення (наприклад, корпус насоса гідросистеми) або під час ремонту деталей, зовнішня поверхня яких піддається відновленню іншими способами, наприклад, ремонт вальниці вала турбокомпресора. Вальницю обтискають, внутрішню поверхню обробляють протягуванням, а на зовнішню поверхню наплавляють металічну стрічку електроконтактним способом, а потім шліфують під розмір за кресленням.

Витягування ґрунтується на тому, що напрямки прикладеної сили і деформації не збігаються (рис. 3.39в). Витягування застосовують для подовження тяг, стрижнів, штанг та інших деталей. Компенсація довжини деталі відбувається за рахунок зменшення поперечного перерізу.

Витягування або ковальську відтяжку широко застосовують для ремонту зношених поверхонь робочих органів ґрунтообробних машин (лемешів, лап культиваторів тощо).

Витягування, як правило, проводять із нагріванням деталі до 800–1200 °С.

Осадження за напрямком прикладеної сили і деформації подібне до витягування (рис. 3.39г). Цей вид пластичного деформування використовується для ремонту деталей із зношеною зовнішньою і внутрішньою поверхнями. Компенсація зносу відбувається за рахунок зменшення довжини деталі. Прикладом використання цього виду пластичного деформування може бути ремонт втулок верхньої головки шатуна. При цьому втулку не випресовують із шатуна. Шатун укладають на плиту, в отвір втулки встановлюють технологічний палець із зовнішнім розміром, меншим на 0,15–0,20 мм розміру поршневого пальця за кресленням, для створення припуску на механічну обробку.

Під час вдавлювання напрямки прикладеної сили і деформації не збігаються (рис. 3.39д), як і під час осадження, але не змінюється довжина деталі, оскільки переміщення металу відбувається з неробочої частини деталі у зношену.

Вдавлювання застосовують для ремонту клапанів, компенсації зносу тарілок клапанів, збільшення розміру кульової поверхні пальців рульового керування і ремонту зношених шліців.

3.13. Компенсація зношеного поверхневого шару встановленням додаткових деталей

Відновлення зношеного шару робочих поверхонь та їх розмірно-точносних характеристик часто здійснюється за рахунок додаткових ремонтних деталей (ДРД), виготовлених у вигляді суцільних втулок, кілець, гільз, а також збірних втулок. Цим способом можна відновлювати геометричні параметри циліндрів блоків останнього ремонтного розміру, гнізд клапанів, посадочні поверхні під вальниць кочення у картерах коробок передач, ведучих мостах, маточинах, корпусках масляних і водяних насосів тощо. ДРД застосовують у вигляді бандажів для відновлення зовнішніх поверхонь підтримувальних роліків і опорних котків гусеничних тракторів. Зношені нарізні отвори успішно відновлюються до нормальних розмірів установленням вкрутнів і спіральних нарізних вставок (див. п. 3.23).

Встановлення суцільних втулок і кілець застосовується для деталей, які мають знос посадочних поверхонь.

Технологічний маршрут процесу ремонту деталей із застосуванням ДРД складається з трьох основних частин:

- механічна обробка зношеної посадочної поверхні під додавкову деталь;

- запресування або напресування ремонтної втулки на посадочну поверхню;
- механічна обробка втулки до нормального розміру (розмір за робочим кресленням на виготовлення деталі).

Матеріал ДРД повинен відповідати матеріалу відновлюваної деталі. Тільки для чавунних деталей втулки виготовляють із сталі. Забезпечення нерухомості ДРД на основній деталі досягається за рахунок гарантованого натягу у цьому з'єднанні або застосуванням клею, штифтів, зварювання. Можливі і комбінації даних способів.

Для встановлення втулок без гарантованого натягу механічну обробку посадочної (робочої) поверхні до нормального розміру проводять під час її виготовлення. В іншому випадку під час виготовлення втулки передбачається припуск на обробку робочої поверхні до нормального розміру після запресування.

Надійність посадки з гарантованим натягом залежить від матеріалу основної деталі; матеріалу, діаметра і товщини втулки; висоти мікронерівностей поверхонь з'єднання, а також від способу запресування. Втулки виготовляються завтовшки 2–5 мм.

Дійсний натяг у нерухомому з'єднанні з прийнятою конкретною посадкою відрізняється від табличного і визначається розрахунковим шляхом за залежністю:

$$\delta_n = \delta_t - 1,2(R_{z_1} - R_{z_2}), \quad (3.32)$$

де δ_t — табличний натяг, мкм; R_{z_1} і R_{z_2} — висота мікронерівностей поверхонь з'єднання, мкм.

Найчастіше нерухома посадка у з'єднанні ДРД — основна деталь приймається за 8 квалітетом $\frac{H8}{8}$. Табличний натяг для такої посадки, наприклад в інтервалі розмірів 50–80 мм, становить у середньому 0,1 мм. Шорсткість поверхні додаткової деталі має бути не нижче $R_a = 2,5\text{--}1,25$ мкм.

Під час запресування втулки без нагрівання рекомендується застосування дисульфідомолібденового мастила або машинного масла для мащення поверхонь, що полегшує запресування і захищає поверхні від задирок.

Для полегшення запресування втулки і підвищення міцності з'єднання основну деталь, якщо дозволяє її конструкція, доцільно попередньо нагріти (або охолодити ДРД), оскільки при цьому середній натяг збільшується вдвічі, оскільки мікронерівності спряжених поверхонь практично не згладжуються, а міцність посадки збільшується втричі.

У разі використання способу ремонту деталей із застосуванням ДРД слід враховувати і його недоліки: збільшення кількості ла-

нок розмірного ланцюга за рахунок проміжного елемента у робочому спряженні, теплової напруженості (ДРД у циліндрах блока двигуна погіршує відведення тепла), витрат на ремонт, необхідних для виготовлення ДРД, тощо.

Вставка згорнутих втулок з наступним розвальцьовуванням застосовується, головним чином, за відновлення зношених посадочних поверхонь під вальниці і стакани вальниць кочення корпусних деталей. Матеріалом для згорнутих втулок є стандартизована холоднокатана стрічка нормальної точності з конструктивної сталі.

Технологічний процес ремонту посадочних отворів передбачає виготовлення заготовки згорнутої втулки, вкручування втулки із заготовки, підготовка ремонтного отвору під вкрутну втулку, її встановлення в отвір, розвальцьовування втулки і обкатування фаски. Для цього застосовується спеціальний комплект пристроїв.

Підготовчі операції для виконання технологічного процесу ремонту отворів із застосуванням згорнутих втулок потребують попередніх розрахунків, які повинні забезпечувати погодження діаметра і ширини підготовленої до встановлення згорнутої втулки в отвір і розмірів заготовки стрічки для згорнутої втулки (товщина, довжина, ширина). У розрахунках має бути враховано зміну ширини і довжини кола і згорнутої втулки відносно довжини заготовки внаслідок пластичного деформування, викликаного операцією розкачування.

Шорсткість поверхні отвору після обробки має становити $R_z = 20$ мкм.

На обробленій поверхні нарізають гвинтову канавку трикутного профілю глибиною 0,3–0,5 мм з кроком 1,5–2 мм, що забезпечує після встановлення і розвальцьовування згорнутої втулки міцність її з'єднання з основною деталлю.

Вкрутну втулку встановлюють в оброблений отвір за допомогою спеціальної оправки. Розвальцьовування вкрутної втулки проводиться розкатником, налагодженим на певний розмір (рис. 3.40) за частоти обертання 60–300 хв⁻¹ і поздовжній подачі 0,10–0,34 мм/об, у середовищі емульсії або індустриального масла.

3.14. Застосування паяння під час ремонту деталей

Паянням називають процес одержання нероз'ємного з'єднання деталей або частин зруйнованої деталі шляхом введення у зазор між ними розплавленого проміжного металу або справу — припою, після охолодження якого утворюється міцний зв'язок.

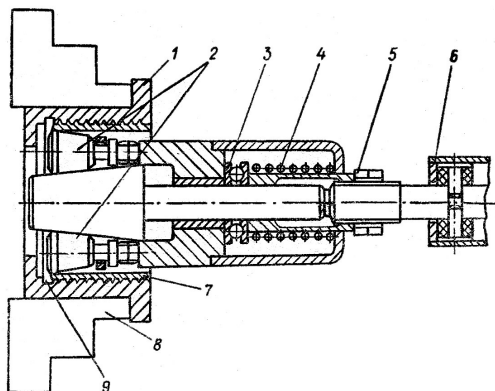


Рис. 3.40 Схема розвальцьовування згорнутої втулки:

- 1 — ремонтвана деталь; 2 — ролики розкатника; 3 — упорна вальниця розкатника; 4 — пружина розкатника; 5 — регулювальні гайки;
6 — шарнірний хвостовик розкатника; 7 — згорнута втулка; 8 — кулачок патрона токарного верстату; 9 — канавка у ремонтваній деталі

Температура плавлення припою має бути нижча температури плавлення матеріалу деталей.

Під час паяння деталі нагрівають до температури, близької до температури плавлення припою, а потім розплавляють припій і заповнюють ним зазор. У паяному шві відбувається дифузія металів — атоми рідкого припою вступають у взаємодію з атомами твердого основного матеріалу. Залежно від хімічної активності припою відносно матеріалу деталі можуть утворюватись інтерметалічні з'єднання на їх межі або рідкі та тверді розчини. На проходженні перерахованих процесів впливає також співвідношення температур плавлення припою і матеріалу деталей, тривалість процесу паяння, спосіб нагрівання деталей тощо.

Паяння широко застосовують для ремонту радіаторів, паливних і масляних баків, штуцерів наконечників і трубок паливо- і повітропроводів, облицювання та інших деталей.

Припої. Для одержання високоякісного паяного з'єднання необхідно, щоб припій мав високу рідкотекучість, добре змочував метал напаявання, затікав у зазор між з'єднуваними поверхнями, мав коефіцієнт теплового розширення, наближений до коефіцієнта теплового розширення матеріалу деталей, і високу корозійну стійкість. Крім того, з'єднання повинно мати високу механічну міцність і пластичність.

Залежно від призначення і умов роботи припої умовно ділять на дві групи: м'які і тверді. М'які припої мають температуру плавлення до 400°C і невелику механічну міцність, тверді — температуру плавлення понад 550°C і дозволяють одержати з'єднання, близьке за міцністю до матеріалу деталі.

М'які припої являють собою сплави на основі олова, свинцю, сурми, вісмуту, кадмію тощо.

Основною перевагою припоїв цього типу є можливість використання для паяння простих засобів: паяльників, паяльних ламп. М'які припої добре змочують поверхні більшості металів, мають високу пластичність. Тому припої першої групи використовують для паяння з'єднань з граничною міцністю на розрив 28-32 МПа і, які працюють за порівняно низької температури.

Найпоширеніші легкоплавкі припої на основі олова і свинцю: ПОС-18 — для з'єднань звичайного призначення; ПОС-30 і ПОС-40 — для паяння герметичних та інших відповідальних з'єднань; ПОС-61 і ПОС-50 — для паяння з'єднань, які у процесі роботи не мають окиснюватися.

Тверді припої мають відносно високу температуру плавлення і застосовуються для одержання міцного шару. Вони можуть, працювати за високої температури.

До припоїв другої групи належать мідь, срібло, нікель та сплави на їх основі.

Чисту мідь широко застосовують для паяння сталі і чавуну. Вона добре затікає у зазори і забезпечує високу пластичність і міцність паяного шва (300–350 МПа), але висока температура плавлення (1083°C) підвищує витрати енергії і викликає структурні зміни матеріалу з'єднуваних деталей.

Найпоширеніші мідно-цинкові (латунні) припої. Із збільшенням вмісту цинку у припої знижується температура плавлення, але підвищується крихкість і зменшується міцність з'єднання. Мідно-цинкові припої плавляться при температурах 825–880 °C.

Припій ПМЦ-36 (мідно-цинковий, цифра вказує відсотковий вміст міді) використовують для паяння латунних виробів, ПМЦ-48 і ПМЦ-54 — для паяння міді, бронзи, сталі, чавуну. Якщо деталі піддають ударному навантаженню, то паяють латунними припоями Л62 і Л68.

Срібні припої (ПСр-12, ПСр-25, ПСр-45 тощо) дозволяють одержати високоміцні і пластичні з'єднання, але вони дуже дорогі. Ці сплави застосовують для паяння відповідальних деталей з малим електричним опором з'єднання, наприклад, контактів електрообладнання.

Алюмінієві припої використовують для паяння деталей з алюмінію. Припій марки 35А має підвищену міцність, а 34А плавиться за менших температур.

Флюси призначені для захисту поверхні, основного металу і припою від окиснення, розчинення і видалення окисної плівки, поліпшення умов змочування поверхні деталі припоєм. Температура плавлення флюсу має бути нижча температури плавлення припою.

Під час паяння м'якими припоями флюсами можуть бути водні розчини хлорного цинку (ZnCl_2) і хлорного амонію (NH_4Cl). Для паяння міді, наприклад дротів, використовують каніфоль.

Під час паяння твердими припоями як флюси використовують буру і суміш бури з борною кислотою та борним ангідридом. Для паяння алюмінію застосовують флюси Ф 5, Ф 134 тощо.

Особливості технології паяння. Перед паянням з'єднувані поверхні деталей старанно очищають від бруду, окислів і жирових плівок механічним або хімічним способом (травлення у розчині сірчаної кислоти).

Паяння м'якими припоями виконують ручними паяльниками. Поверхні змочують флюсом, а потім за допомогою паяльника рівномірно тонким шаром наносять припій.

Під час паяння твердими припоями деталі нагрівають полум'ям газового пальника або використовують муфельні печі, горни або інші джерела тепла нагріті до температури плавлення припою поверхні деталі посипають флюсом. Потім заповнюють зазор між деталями припоєм.

Основними перевагами паяння є незначне нагрівання металу з'єднуваних деталей, зберігання точної форми, розмірів, хімічного складу і структури. Крім того, не потрібно зачищати шви. За необхідності з'єднання можна знову нагріти, розпаяти і замінити одну з деталей.

3.15. Зміцнення поверхонь деталей термічною і хіміко-термічною обробкою

Термічна і хіміко-термічна обробка належать до операцій, які забезпечують задані фізико-механічні властивості матеріалу і деталей.

Існують низько- (без фазової перекристалізації) і високотемпературні (із фазовою перекристалізацією) режими термічної і хіміко-термічної обробки.

Велика кількість деталей машин, що виготовляються на машинобудівних заводах, піддаються високотемпературній термічній обробці для забезпечення необхідних властивостей: міцності, пластичності, ударної в'язкості, твердості, стійкості проти зношування.

В умовах ремонтного виробництва використання високотемпературних методів термічної і хіміко-термічної обробки обмежене і можливе лише в умовах ремонтного спеціалізованого виробництва. У цьому випадку для підвищення пластичності і міцності використовуються поліпшення, нормалізація і загартування з нагріванням вище A_{c3} і відпусканням ($500\text{--}650\text{ }^{\circ}\text{C}$), а для підвищення твердості робочої поверхні — загартування СВЧ. У деяких випадках для зміцнення робочої поверхні деталей і стійкості проти корозії використовують хіміко-термічну обробку: цементацію (насичення вуглецем за $920\text{--}950\text{ }^{\circ}\text{C}$) у твердому карбюризаторі; азотування (насичення азотом, нагрівання в аміаку або рідких середовищах за $500\text{--}571\text{ }^{\circ}\text{C}$); ціанування у розплавлених шарах NaCN ($20\text{--}25\%$), NaCl ($25\text{--}50\%$), Na_2CO_3 ($25\text{--}50\%$) за $820\text{--}860\text{ }^{\circ}\text{C}$; нітроцементацію у газовому середовищі (навуглецьовувальний газ і аміак за $850\text{--}860\text{ }^{\circ}\text{C}$).

За всіх видів поверхневого загартування забезпечується зміцнений шар глибиною не менше $2\text{--}4\text{ мм}$, а твердість залежно від зміцнювального матеріалу до $50\text{--}60\text{HRC}$.

Хіміко-термічна обробка з урахуванням параметрів нагрівання дозволяє отримати дифузійний шар від $0,5$ до $2,0\text{ мм}$ з твердістю $52\text{--}62\text{HRC}$.

Найпоширенішою термообробкою є відпалювання I і II роду.

Відпалювання I роду залежно від вихідного стану сталі або сплаву деталі включає процеси гомогенізації (одержання однорідної структури), рекристалізації і знімання залишкових напружень. Залежно від призначення його проводять при температурах вище або нижче фазової перекристалізації. Цей вид обробки усуває хімічну або фізичну неоднорідність, створену попередньою обробкою (наплавленням, напиканням та іншими видами).

Дифузійне гомогенізуюче відпалювання проводять за температури $1100\text{--}1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. У цьому випадку найповніше проходять процеси вирівнювання хімічного складу і властивостей. Але така обробка сприяє збільшенню розміру зерна і зниженню рівня міцності та пластичності. Тому після гомогенізуючого відпалення треба проводити нормалізацію або поліпшення.

Відпалювання застосовують для деталей, після обробки яких (наплавлення, механічної обробки, відливання, тощо) виникли залишкові напруження. Температура відпалення залежно від матеріалу і рівня напружень знаходиться у межах $200\text{--}700\text{ }^{\circ}\text{C}$. Час витримки становить $1\text{--}3$ год. Після витримки здійснюється повільне охолодження до $300\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Відпалювання II роду проводять при температурах, на $30\text{--}50\text{ }^{\circ}\text{C}$ вищих A_{c3} або A_{c1} , для одержання зрівноваженої структури металу. Відпалювання I і II роду забезпечують зміцнення робочої

поверхні відновлюваних деталей за рахунок стабілізації структури, її однорідності, зняття напружень, які зменшують схильність до викривування і тріщинотворення.

Для проведення термічної і хіміко-термічної обробок використовують спеціальні термічні печі, у деяких випадках з контролюваною атмосферою і регулюванням температурних параметрів нагрівання і охолодження, а також ванни для загартування.

Основними контрольованими параметрами якості є фізико-механічні властивості, структура металу, глибина зміцненого шару і його фазовий склад.

3.16. Поверхнєве зміцнення деталей пластичним деформуванням

У разі поверхневого пластичного деформування (ППД) створюється наклеп, тобто поверхнєве зміцнення металу. Зерна металу витягуються у напрямку деформації, кристалічні решітки викривлюються, як результат змінюється структура і властивості поверхневого шару: знижується пластичність і ударна в'язкість, але створюються сприятливі стискаючі напруження, збільшується втомна міцність (на 30–70%); підвищується твердість і стійкість проти зношування (у 1,5–2 рази). За ППД зменшується висота мікронерівностей (0,04 мкм) і утворюється поверхня з новим мікропрофілем. Таким чином, ППД деталей є резервом підвищення їх ресурсу.

Зміцнення ППД можна здійснити у деталях різних габаритів і маси, виготовлених із сталі, спеціального чавуну і кольорових металів та сплавів.

Дробоструминна обробка застосовується для зміцнення ресор, пружин, валів, зубчастих коліс, зварювальних швів тощо.

Наклепаний шар глибиною 0,5–0,7 мм створюється завдяки дії кінетичної енергії потоку дробу, який летить зі швидкістю 30–90 м/с під кутом 70°. Для цього застосовують дробоструминні установки: пневматичні (у соплі повітря стиснуте до 0,5–0,6 МПа) і механічні (з відцентровим дробоструминним колесом).

Розмір і матеріал дробу вибирають залежно від розмірів обробки. Дріб виготовляють з відбіленого чавуну і сталюого пружинного дроту, які застосовують для обробки сталюих деталей. Для кольорових деталей використовують дріб з алюмінію.

Обкатування і розвальцьовування кульками та роликками дуже поширене у ремонтному виробництві завдяки простоті здійснення процесу і можливості значного підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин.

Обкатуванням і розвальцьовуванням обробляють циліндричні поверхні, канавки, галтелі, площини, фасонні поверхні, тощо. Особливості процесу обробки кульками є відсутність у них примусової осі обертання та їх самовстановлення відносно оброблюваної поверхні, простота і універсальність пристроїв, можливість досягнення високих контактних-тисків за порівняно невеликих зусиль, поліпшення шорсткості поверхні.

Недоліком кулькового накатування і розвальцьовування порівняно з роликовим є невисока продуктивність. Але роликові інструменти допускають проковзування ролика на оброблюваній поверхні, що спричинює перенаклепування і погіршення шорсткості поверхні.

Накатування (розвальцьовування) кульками і роликами виконують за допомогою спеціальних пристроїв (накаток або розвальцьовок), які закріплюють у різцетримачі токарно-гвинторізного або іншого металорізального верстата. Тиск під час накатування (розвальцьовування) може бути створений тарованою пружиною, а також за допомогою пневматичного або гідравлічного силового механізму. Ці способи ППД рекомендується проводити із застосуванням масляно-охолоджувальних рідин (МОР) — масла індустріального або його суміші з 2–3%-ною олеїною кислотою.

За наявності мастила знижується коефіцієнт тертя і температура контактних поверхонь, що впливає на процес деформації і сприяє одержанню менш шорсткої поверхні, підвищується стійкість робочого інструмента.

Припуск на зміцнення поверхні визначають залежно від вихідної шорсткості і орієнтовно приймають рівним висоті нерівностей або визначають за формулою:

$$\delta = 1,35(R'_z - R_z), \quad (3.33)$$

де R'_z і R_z — мікронерівності до і після обкатування, мкм.

Шорсткість і твердість покриття, ступінь зміцнення і продуктивність обробки під час обкатування і розвальцьовування залежать від режиму обробки: швидкості обробки, поздовжньої подачі, припусків, кількості проходів, тощо.

Зусилля обробки залежить від твердості, пластичності і структури металу, шорсткості поверхні, конструкції деталі та інструмента. Мале зусилля не забезпечує повного змінання мікронерівностей, а велике — призводить до перенапруження і руйнування поверхні, деформації деталі і зниження строку служби інструмента.

Зусилля обкатування (розвальцьовування) P визначають дослідним шляхом або за формулами:

за деформації кульками

$$P = \left(\frac{dq}{0,54E} \right)^2 q; \quad (3.34)$$

за деформації роликами

$$P = \frac{Dbq^2}{0,126E \left(\frac{D}{d} + 1 \right)}, \quad (3.35)$$

де d — діаметр ролика або кульки, мм;

q — максимальний питомий тиск, МПа ($q = (1,8-2,1) \sigma_T$);

E — модуль пружності оброблюваного матеріалу, МПа;

D — діаметр оброблюваної деталі, мм;

b — довжина контакту ролика з деталлю, мм.

Поздовжня подача кульки дорівнює 0,1–0,3 мм/об, а ролика з циліндричним пояском — 0,2–0,6 мм/об.

Шорсткість поверхні залежить від кількості проходів інструмента і поліпшується із його збільшенням.

Швидкість обробки суттєво не впливає на шорсткість поверхні, але від неї залежить продуктивність.

Обкатування (розгортання) дозволяє за один прохід помітно поліпшити шорсткість (від $R_a=2,5-0,63$ мкм до $R_a = 0,32-0,08$ мкм) і збільшити ступінь наклепу до 50%, а глибину — у межах 2–3 мм.

Карбування здійснюється шляхом ударної дії на оброблювану поверхню спеціальними бойками. В умовах ремонтного виробництва воно застосовується для зміцнення галтелей колінчастих валів, западин шліців, крупногабаритних деталей і підвищення фізико-механічних властивостей зварювальних швів та наплавленого металу. Карбування порівняно з накатуванням і відцентровою обробкою забезпечує більшу глибину (до 3–4 мм) і високий ступінь зміцнення. Після карбування шорсткість обробленої поверхні збільшується, що потребує додаткового шліфування.

Карбування виконують за допомогою сферичних, еліпсоїдних або спеціальної форми бойків з високоміцної інструментальної сталі або надтвердого матеріалу, які здійснюють зворотно-поступальний рух. Частота ударів знаходиться у межах 10-50 Гц.

Діаметр робочої поверхні бойка D (діаметр вдавлюваної сфери) вибирають відповідно до заданої глибини зміцнення:

$$h/h_1 \leq D \leq 2,2h, \quad (3.36)$$

де h_1 — глибина відбитку (лунки).

При цьому враховують ступінь деформування: $\varepsilon = d/D$, де d — діаметр відбитка.

Необхідно, щоб $0,7 \geq \varepsilon \geq 0,3$.

Крім пристроїв, у яких підпружинений бойок переміщується кулачковим механізмом, для ударного карбування використовують вібраційні ексцентриккові зміцнювачі, а також багатобойкові пневмоінструменти.

Обробка багатобойковим пристроєм забезпечує глибину наклепаного шару до 3 мм і підвищує опір втомлюваності зварного з'єднання на 80%, а міцність зварного з'єднання після обробки визначається міцністю металу.

Дорнування — один із способів ППД для зміцнення і підвищення фізико-механічних властивостей отворів втулок (гідронасосів, турбокомпресорів, шатунів, шворнів тощо), накривок, стаканів.

Суть процесу полягає у протягуванні кульки або дорну відносно поверхні отвору з натягом, внаслідок чого відбувається пластична деформація металу, яка призводить до зміни форми і розмірів отворів і зміцнення поверхневого шару. Принципові схеми дорнування отворів наведено на рис. 3.41.

Основним технологічним параметром дорнування є натяг (рис. 3.42):

$$i = d_i - D_o, \quad (3.37)$$

де d_i , D_o — діаметри інструмента і отвору до дорнування, а також відносний натяг i/D_o , зусилля і швидкість дорнування, геометричні характеристики дорна та товщина втулки.

За призначенням поверхневе дорнування може бути згладжувальним, калібрувальним і зміцнювальним.

Існує два різновиди дорнування отворів: з малим і великим натягом. Під час дорнування з малим натягом зона пластичної деформації поширюється на незначну глибину (за $h/r > 0,5$, $r = d_i/2$). У цьому випадку шорсткість поверхні і похибка форми зменшуються на 25-35%. Під час дорнування з великим натягом ($h/r < 0,2$) зона пластичного деформування охоплює всю деталь, як результат чого збільшуються діаметри отвору на $2z_{i,r} = D - D_o$ і зовнішньої поверхні за одночасного зменшення розміру деталі вздовж осі оброблюваного отвору.

Отвори під дорнування попередньо обробляють чистовим розточуванням і розвертанням за 8–10 квалітетами точності за шорсткості $R_a = 2,5\text{--}1,25$ мкм.

Під час дорнування застосовують оливу (для високоміцних сталей) або очищений гліцерин (чавунні деталі).

Дорнування забезпечує високу якість оброблюваних поверхонь, ($D_o = 1,25\text{--}0,16$ мкм), підвищує довговічність деталей в умовах знакозмінних навантажень.

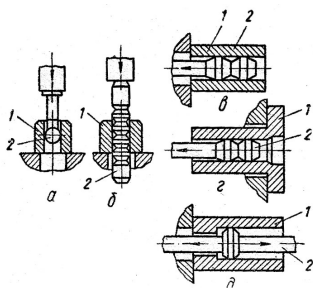


Рис. 3.41. Схеми дорнування отворів:
 а, б — прошивуванням кульки і оправки (на пресах); в, г — калібруванням зі стисканням і розтягуванням деталі (на горизонтально-протягувальному верстаті); д — калібруванням під час зворотно-поступального ходу оправки (на спеціальних станках); 1 — оброблювана деталь; 2 — інструмент

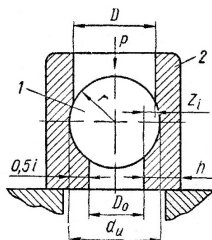


Рис. 3.42. Схема дорнування отвору з малим натягом:
 1 — індентор,
 2 — оброблювана деталь

Інструментом під час дорнування є оправки (одно- і багатоеlementні, суцільні та складні) або кульки. Складні оправки виготовляють із твердого сплаву ВК8 або ВК15М, суцільні — сталей ХВГ, ШХ15, 9ХС твердістю HRC 62-64.

Дорнування здійснюють на пресах, горизонтально- і вертикально-протягувальних верстатах.

Алмазне вигладжування широко використовується для підвищення експлуатаційних властивостей зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей машин як фінішна операція під час їх відновлення.

Суть його полягає у поверхневому пластичному деформуванні деталі ковзним на її поверхні інструментом, робочим елементом якого є алмаз або надтверді матеріали з нітриду бору (гексаніт Р, кубоніт, тощо), які мають високу твердість, низький коефіцієнт тертя по металу та малу шорсткість ($R_a = 0,02-0,04$ мкм). Завдяки малим радіусам робочої частини інструмента ($R_{алм} = 0,5-3,5$ мм) за порівняно невеликих зусиль вигладжування (150–300Н) як результат створення на контактній площадці великих тисків можна обробляти маложорсткі деталі із м'яких загартованих до HRC 60–65 сталей і сплавів.

Радіус алмазу вибирають з урахуванням твердості оброблюваної поверхні. Для матеріалів твердістю HB<300 він становить 2,5–3,5 мм, за HRC 35–60 — 1–2,5 мм і HRC 50–65 — 1–2 мм.

Як результат зминання мікронерівностей різко знижується шорсткість поверхонь і зміцнюється поверхневий шар металу. Вигла-

джування широко застосовують замість трудомісткого абразивного доведення під час обробки опорних шийок кулачкових валів і роликів, поршневих пальців, цапф гідронасосів, отворів втулок тощо.

Для обробки незагартованих сталей, кольорових металів і сплавів вихідна шорсткість має бути $R_a < 2,5$ мкм. Загартовані сталі доцільно вигладжувати за вихідної шорсткості $R_a = 0,32\text{--}1,25$ мкм.

Універсальний вигладжувач складається з оправи і алмазу. Він монтується у спеціальному пристрої, встановленому у різцетримачі верстата. Вигладжування проводять в умовах тертя ковзання, що відрізняє цей процес від накатування. Параметри режиму вигладжування приблизно такі як і накатування.

Зусилля під час вигладжування з пружним контактом створюється так само, як і у разі накатування зміною жорсткості тарованої пружини. Воно зумовлене фізико-механічними властивостями металу, розмірами і формою оброблюваної поверхні та радіусом алмазу.

Оптимальне зусилля $P_{\text{опт}}$ приймають таким, за якого досягається найменша шорсткість поверхні:

Поздовжня подача для загартованих сталей становить $0,02\text{--}0,05$ мм/об ($R_{\text{алм}} = 1\text{--}2$ мм), незагартованих сталей і кольорових сплавів — $0,03\text{--}0,07$ мм/об ($R_{\text{алм}} = 2,5\text{--}3,5$ мм).

Швидкість вигладжування ($20\text{--}120$ м/хв) практично не впливає на якість поверхні.

Для збільшення продуктивності обробку потрібно вести на великих швидкостях, враховуючи биття деталі, нерівномірність припуску і нагрівання алмазу. Внаслідок перегрівання збільшується швидкість зношування алмазу.

Основна деформація металу відбувається після першого проходу інструмента. Із збільшенням кількості проходів шорсткість поверхні суттєво не змінюється.

Як МОР під час вигладжування для чорних металів застосовують і індустріальне масло И-20А, для кольорових металів і сплавів — гас.

Алмазне вигладжування дозволяє одержати поверхню деталі із шорсткістю не нижче $R_a = 0,04\text{--}0,08$ мкм, підвищити твердість на $25\text{--}30\%$, стійкість проти зношування на $40\text{--}60\%$ і втомну міцність на $30\text{--}60\%$.

Поверхні тіл обертання можуть вигладжуватися за допомогою тримачів різної конструкції на токарних, свердильних, розточувальних і спеціальних алмазно-вигладжувальних верстатах.

Вібронакатування (вібровигладжування) — один з прогресивних і перспективних способів ППД, за допомогою якого можна

одержати рівномірніший мікрорельєф за формою, розмірами і взаємним розміщенням поверхонь деталей.

Вібронакатування поверхні сприяє скороченню тривалості припрацювання спряжених поверхонь, ефективності теплопередачі, скороченню трудомісткості виготовлення деталей підвищеної точності тощо. Цей спосіб застосовується як у машинобудуванні, так і в ремонтному виробництві для зміцнення зовнішніх і внутрішніх циліндричних, конічних, торцевих і плоских поверхонь деталей машин і дає можливість поліпшити експлуатаційні характеристики пар тертя, які працюють у рідких і сухих середовищах, а також виключити з технологічного процесу такі трудомісткі і дорогі операції, як доведення, шабрування, полірування покриття, термічна обробка.

Суть вібронакатування полягає у тому, що, крім осової подачі S (як під час накатування або вигладжування), інструмента (кульки діаметром d_k), підтиснутому до обробленої поверхні із силою P , надається зворотно-поступальний (осцилюючий) рух з частотою f , яка дорівнює частоті обертання вала електродвигуна, і амплітудою l уздовж осі деталі, що обертається з частотою n . У разі використання алмазного вигладжувача радіусом R_v процес називається вібровигладжуванням, оскільки він відбувається в умовах тертя ковзання.

Під час обкатування і вигладжування інструмент видавлює на поверхні канавку (під час вібронакатування — синусоїдальну).

Мікрорельєф, який одержують під час вібронакатування, за характером і щільністю синусоїдальних каналів поділяють на чотири види. Варіювання форм, розмірів і розміщення мікронерівностей на поверхні деталі досягають зміною параметрів режиму обробки.

Система вібровигладжених каналів (канавок) утворює масляні кармани, в яких затримується мастильний матеріал і рівномірніше розподіляється на поверхні, що суттєво поліпшує умови тертя.

Мастильний матеріал, що залишився у рівномірному лабіринті канавок, створює масляний клин. У цьому випадку під тиском рідини канавками виносяться осажені абразивні частинки і продукти зношування за межі зони тертя.

Під час сухого тертя канавки працюють як пастки, що затримують продукти зношування, пил і абразивні частинки, завдяки чому локалізується їх абразивна дія, а також суттєво поліпшуються всі фізико-механічні характеристики поверхневого шару.

Особливістю мікрорельєфу є його висока однорідність, яка дозволяє проводити аналітичний розрахунок характеристик (величини опорної поверхні, площі і об'єму канавок та їх співвідношення), що визначають стійкість поверхонь проти зношування.

Основними особливостями вібраційного накатування є: варіювання у великих межах всіх характеристик мікрорельєфу, які визначають форму і розміри мікронерівностей залежно від режиму обробки; високий ступінь однорідності розмірів і форми мікронерівностей; утворення мікрорельєфів з радіусами виступів і западин в сотні раз більшими, ніж під час шліфування і доведення; можливість його застосування не тільки для оптимізації мікрорельєфу, але і для зміцнення.

Вібронакатуванню (вібровигладжуванню) піддаються деталі з чорних і кольорових металів і сплавів твердістю до HRC 65.

Зусилля обробки знаходиться в межах 50–200 Н, що дозволяє обробляти маложорсткі деталі. Мікротвердість обробленої поверхні на 25–30% вища вихідної. Залишкові напруження після вібронакатування в 1,3–1,7 рази більші, ніж у разі накатування без вібрації на таких самих режимах. Це можна пояснити різким збільшенням деформуючої дії інструмента, обумовленої ускладненням кінематики вібронакатування порівняно з кінематикою накатування.

Зміцнення деталей вібронакатуванням знижує коефіцієнт тертя в 1,6–2,2 рази, а також підвищує зносостійкість вдвічі і більше разів.

Під час вібронакатування застосовують сталі загартовані кульки і сферичні наконечники (вигладжувачі) з природних і синтетичних алмазів, твердого сплаву. Вибір матеріалу залежить від твердості оброблюваної поверхні та її характерних властивостей.

Для вібронакатування використовують вібратори, які мають привід для створення зворотно-поступального переміщення інструмента від окремого електродвигуна. Обертальний рух електродвигуна перетворюється у зворотно-поступальний рух штанги за допомогою ексцентрика, розміщеного на валу електродвигуна. На одному кінці штанги встановлено кульку, яка кріпиться за допомогою цангової втулки і гайки. Другим кінцем штанги з'єднана штифтом із втулкою, яка переміщується разом із штангою. На втулці у корпусі встановлена силова тарована пружина із шкалою. За допомогою кутника пристрій установлюють на різці-тримачі супорта токарно-гвинторізного верстата.

3.17. Термомеханічна обробка

Термомеханічна обробка металів (ТМО) — це сукупність, операцій пластичного деформування, нагрівання і охолодження, як результат яких формування кінцевої структури сплаву, а відповідно і його властивостей, відбувається в умовах підвищеної кількості не-

досконалостей кристалів, створених пластичним деформуванням. ТМО належить до зміцнювальних технологій.

Розрізняють високотемпературну (ВТМО) і низькотемпературну (НТМО) термомеханічну обробку.

ВТМО сталі складається з гарячої обробки тиском у межах температур стійкості аустеніту, НТМО — із деформації в межах температур нестійкості аустеніту (нижче критичних точок перетворень). З такого аустеніту за наступного загартування одержують мартенсит з особливою будовою, яка забезпечує дуже високу межу міцності (до 3000МПа).

На кафедрі ремонту машин ХНТУСХ розроблено технології відновлення деталей за допомогою ТМО: у першому варіанті застосовується наплавлення у середовищі вуглекислого газу, сполучене з НТМО, а у другому — наплавлення і НТМО з наступним проточуванням і вібровигладжуванням.

Нагрівання деталі для ТМО забезпечується теплом, що виділяється у процесі наплавлення, необхідного для нарощування зношеного поверхневого шару.

Під час ВТМО наплавлений метал обробляють двома деформуючими роликами (рис. 3.43а); відразу ж після нанесення шару металу на поверхню за $t = 900\text{--}950\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тиску $P_1 = 1000\text{--}5000\text{H}$ з наступним природним охолодженням. Під час НТМО (рис. 3.43б) наплавлений метал спочатку деформують за температур ВТМО, а потім знову деформують в інтервалі температур $35\text{--}700\text{ }^{\circ}\text{C}$ за $P_2 = 5000\text{--}15000\text{H}$ з охолодженням за допомогою спреєра.

Результати досліджень показали, що сполучення процесів наплавлення і ТМО під час відновлення деталей має суттєві переваги порівняно із звичайним наплавленням без ТМО. ТМО ущільнює і згладжує наплавлену поверхню, чим сприяє усуненню металургійних дефектів у вигляді пор, тріщин, несущільностей; зменшує припуск на механічну обробку та її трудомісткість; забезпечує шорсткість поверхні $Ra = 1,25\text{--}0,32\text{мкм}$; підвищує твердість і більш як на 30% ресурс відновлених деталей.

Другий варіант (рис. 3.44) передбачає двоетапне суміщення всіх складових частин технологічного процесу відновлення деталей (тіл обертання): компенсацію зношеного поверхневого шару наплавленням, суміщенням з НТМО; розмірно-точною обробку різанням (точінням), суміщенням із зміцненням поверхні вібровигладжуванням. Для чистового точіння застосовують різець з гексоніту-Р.

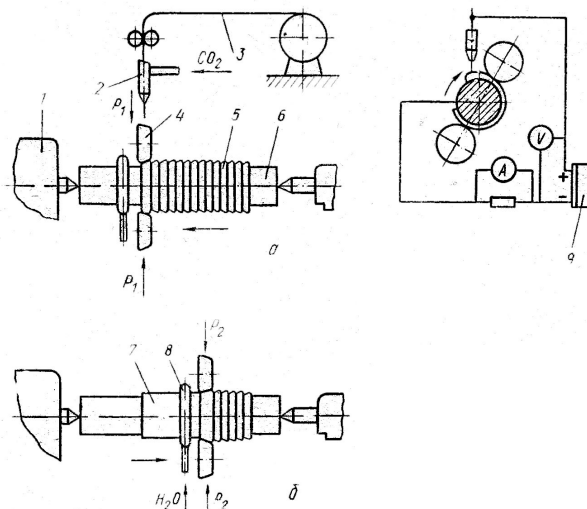


Рис. 3.43. Схема проведення ВТМО (а) у процесі наплавлення деталей і НТМО (б) після її припинення:

- 1 — верстат; 2 — наплавлювальна головка; 3 — зварювальний дріт;
4 — деформуючий ролик; 5 — наплавлений метал після ВТМО;
6 — деталь; 7 — наплавлений метал після НТМО; 8 — спреєйер;
9 — джерело струму

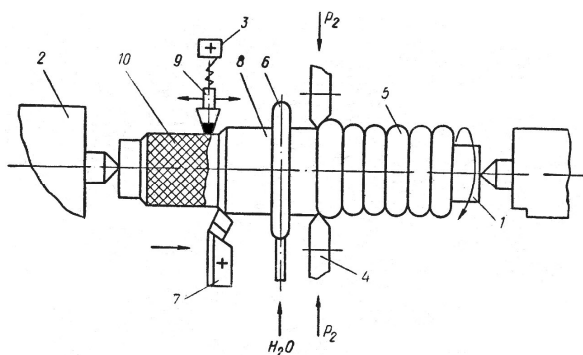


Рис. 3.44 Схема повторного деформування металу (НТМО) з наступним охолодженням, чистовим точінням і вібровигладжуванням:

- 1 — деталь; 2 — токарний верстат; 3 — віброголовка; 4 — двороликовий пристрій; 5 — наплавлений шар; 6 — спреєйер; 7 — різець; 8 — зміцнений шар; 9 — інструмент; 10 — мікрорельєф

Деталь 1, яку наплавляють, встановлюють у центрах переобладнаного токарного верстата 2, на супорті якого змонтовані наплавлявальна головка 3, двороликовий пристрій 4 для деформування наплавленого шару 5, спреєр 6 системи-охолодження, різець 7 для чистого точіння зміцненого шару 8 і віброголовка з робочим інструментом 9 для надання рівномірного мікрорельєфу 10 обточених поверхні.

Досліди показали, що за комбінованого (суміщеного) способу межа витривалості збільшується на 16%, шорсткість поверхні поліпшується на два класи, а експлуатаційна, стійкість проти зношування підвищується у 2,2 рази порівняно із наплавлюванням і НТМО.

3.18. Електромеханічна обробка

Електромеханічна обробка (ЕМО) являє собою різновид процесу високотемпературної механічної обробки (ВТМО) за локального поверхневого нагрівання у місці контакту інструмента і деталі, які знаходяться під напругою електричного струму. Спосіб ЕМО застосовується як для зміцнення, так і для відновлення розмірно-точнісних характеристик деталей, які мають невеликий знос (до 0,4 мм). ЕМО використовують для відновлення зовнішніх поверхонь нерухомих і рухомих з'єднань.

Суть процесу полягає в тому, що у місці контакту двох струмопровідних поверхонь (деталь — робочий інструмент) виділяється тепло, під дією якого поверхня деталі розігрівається, водночас піддається тиску інструмента, деформується і охолоджується шляхом відведення тепла всередину холодної деталі.

Основною причиною тепловиділення в контакті (інструмент — деталь) є підвищений опір через нещільність стикання контактних поверхонь.

Оскільки об'єм високотемпературного нагрівання дуже малий порівняно з масою деталі, то охолодження нагрітого металу (за рахунок відведення тепла всередину деталі) відбувається з великою швидкістю, викликаючи загартування в локальному об'ємі.

Процес відновлення посадочних поверхонь зношених деталей складається з двох операцій: висаджування металу і згладжування до певного розміру, для чого застосовують пластинчастий інструмент. На контактній поверхні за рахунок висаджування утворюється гвинтовий виступ, який, згладжуючись, зменшується до потрібного розміру. Початковий діаметр контактної поверхні збільшується. Під час висаджування контур западини профілю відповідає контуру контактної частини пластини. Із збільшенням тиску збільшується і ступінь

пластичної деформації металу, який витискається назовні вздовж контуру інструмента.

На рис. 3.45 наведено принципову схему установки для ЕМО. До деталі 5, закріпленій у патроні 4 установки, через електроконтактний пристрій підводять один провід від вторинної обмотки 3 трансформатора. До інструмента 7 (ізолюваного), встановленого в різцетримачі супорта установки, під'єднують другий провід. У зону контакту (деталь — інструмент) підводять струм 350-1300А і напругу 2-6В. Проходячи через малу площу контакту, струм великої сили і малої напруги миттєво нагріває метал у зоні контакту до температури 800-900°С. Під тиском інструмента, залежно від його профілю, метал деталі висаджується або згладжується.

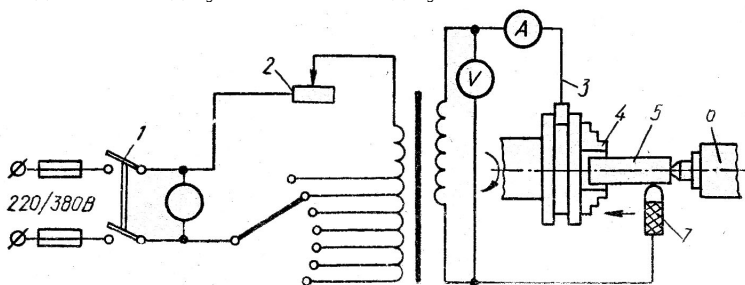


Рис. 3.45. Принципова схема установки для електро механічної обробки:

- 1 — рубильник; 2 — реостат; 3 — провід вторинної обмотки; 4 — патрон верстата; 5 — деталь; 6 — задня бабка верстата; 7 — інструмент для обробки

Кількість тепла в місці контакту деталі та інструмента визначається за формулою:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0,24I^2Rt + P_0v/102, \quad (3.38)$$

де Q_1 — кількість тепла, яка виділяється електричним струмом за законом Джоуля-Ленца, Дж;

Q_2 — кількість тепла, виділеного як результат механічної роботи (сили тертя деталі та інструмента), Дж;

I — сила струму, А;

R — опір у місці контакту, Ом;

t — час проходження струму, с;

P_0 — зусилля на інструменті, Н;

v — швидкість деформації, м/с.

Наведена формула дозволяє аналізувати і враховувати фактори, які впливають на виділення тепла за ЕМО для розробки відповідного технологічного процесу.

Під час заглиблення інструмента у поверхню деталі відбувається висадження матеріалу. Діаметр деталі D_2 збільшується до D_1 , а поверхня приймає нарізоподібну форму. Замінюючи висаджувальну пластину згладжувальною, одержують необхідний діаметр D_0 , який не потребує подальшої обробки різанням.

Діаметри спряжених деталей вимірюють до обробки, після чого встановлюють фактичний зазор у спряженні. Збільшити діаметр можна, не більш як на 0,4 мм для незагартованих деталей і на 0,2 мм — для загартованих. Висадження за кілька проходів виконують тільки за допомогою ходового гвинта. В іншому випадку може відбутися перерізання профілю. Зусилля для висадження незагартованих сталей 700-800 Н, загартованих — 900-1200 Н.

Режими ЕМО, рекомендовані для нерухомих посадок, наведено у табл. 3.14.

Таблиця 3.14

Режими ЕМО для ремонту нерухомих посадок сталених деталей

Операція	Сила струму I , А	Швидкість висадження γ , м/хв	Крок висадження S , об ⁻¹	Кількість проходів
Висадження:				
незагартованих деталей	450-550	4-6	1,25-2	1-2
загартованих деталей	550-600	1,5-2,5	1,25-2	1-3
Згладжування:				
незагартованих деталей	400-500	12-15	0,4	2-3
загартованих деталей	500-550	8-12	0,4	2-3

Ознакою правильно вибраних режимів ЕМО є наявність темно-червоної плями у місці контакту (деталь-інструмент).

Ремонт рухомих спряжень складається з глибокого висадження, попереднього і кінцевого згладжування.

Електромеханічне зміцнення (ЕМЗ) — кінцева чистова операція, яка підвищує чистоту поверхні після обробки різцем і замінює шліфування, збільшує стійкість проти зношування більш як у 1,5 рази залежно від вихідної термообробки, а також втомлену міцність вдвічі і більше залежно від конструкції і характеру перехідних перерізів деталі. Види зміцнення та їх режими наведені у табл. 3.15.

Таблиця 3.15

**Режими зміцнення середньо вуглецевих
конструкційних сталей**

Вид зміцнення	Ін- стру- мент	Сила стру- му, А	Швид- кість, хв ⁻¹	Пода- ча, мм/об	Клас шорст- кості	Глибина зміцне- ного ша- ру, мм	Кіль- кість про- хо- дів
Чистовий швидкісний режим: з малою глибиною зміцнення	Плас- тина	350- 400	80-130	0,2-0,3	8-9	0,02-0,03	1-2
із серед- ньою гли- биною змі- цнення	Те саме	480- 600	8-15	0,2-0,3	8-9	0,06-0,1	2-3
Високий ре- жим із більш значною гли- биною зміц- нення	Ролик	800- 1200	8-10	0,2-0,3	6-7	0,15-0,3	1-2

Твердість зміцненого шару після ЕМО підвищується у 1,5-2,5 рази. Матеріалом для робочого інструмента можуть бути тверді сплави ВК і ТК, Р18. Ролики виготовляють із сталі Р18, У10, Т60К6, Т30К4, Т15К6 тощо.

Для ЕМО використовують токарно-гвинторізні і горизонталь-но-фрезерні верстати. Джерелом змінного струму є понижувальний трансформатор потужністю до 25 кВА. Існують спеціальні установки УЕМО-1 і УЕМО-2 для обробки тіл обертання під час ремонту деталей, а також установка ОР-14136-УСХІ.

3.19. Відновлення розмірно-точносних характеристик деталей механічною обробкою

Механічна обробка є однією з основних операцій з відновлення розмірно-точносних характеристик деталей. Вона широко викорис-товується як підготовка і кінцева обробка. Крім того, механічною обробкою відновлюють деталі до ремонтних розмірів.

Важливе значення під час механічної обробки має забезпе-чення потрібної точності і шорсткості поверхні, які досягаються правильним вибором виду обробки, посадок і технологічних баз, а також утворенням мінімально допустимого припуску за будь-яких

способів нарощування. Мінімальні припуски на механічну обробку для ручного наплавлення становлять 2–3 мм, після наплавлення під шаром флюсу 1–2 мм, для газотермічного наплення 0,3–0,4 мм.

Основні параметри режимів різання під час механічної обробки наплавлених поверхонь. Швидкість різання, м/хв, визначається із залежності:

$$v = \frac{\pi d n}{1000}, \quad (3.39)$$

де d — діаметр оброблюваної деталі, мм; n — частота обертання шпинделя верстата, хв⁻¹.

Із наведеної залежності для токарних, фрезерних, свердлильних та інших верстатів з обертальним рухом шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi d}, \quad (3.40)$$

Для довбальних, зубодовбальних, зубостругальних та інших верстатів із зворотно-поступальним рухом шпинделя кількість подвійних ходів за хвилину:

$$n = \frac{1000v}{\pi L} \quad (3.41)$$

де L — довжина ходу деталі або інструмента у напрямку робочого руху, мм.

Для поздовжньо-стругальних верстатів:

$$n = \frac{1000v_p}{L \left(1 - \frac{v_p}{v_s} \right)}, \quad (3.42)$$

де v_p — швидкість робочого ходу, м/хв; v_s — швидкість зворотного ходу, м/хв; L — довжина ходу інструмента у напрямку робочого руху, мм.

Подача S під час механічної обробки змінюється залежно від зміни глибини різання.

Особливості механічної обробки під час відновлення деталей. На ремонтних підприємствах зустрічаються всі види механічної обробки (точіння, фрезерування, нарізання, хонінгування, шліфування, притирання, полірування тощо), які застосовуються на машинобудівельних заводах. Але попередня обробка зношених і нарощуваних поверхонь деталей має свої особливості, які значно ускладнюють механічну обробку під час їх відновлення порівняно з обробкою під час виготовлення нових деталей.

Вибір баз — суттєвий елемент відновлення розмірно-точносних характеристик деталі під час механічної обробки. Базами є поверхні, лінії, точки або їх сукупність, необхідні для орієнтації деталі на верстаті відносно інструмента. За призначенням бази поділяють на конструкторські, технологічні і вимірювальні.

Конструкторські бази — сукупність поверхонь, які використовуються для визначення деталей у складанній одиниці.

Технологічні бази — поверхні (лінії, точки), призначені для встановлення деталей на верстаті і орієнтації її відносно різального інструмента.

Вимірювальні бази — поверхні (лінії, точки), від яких вимірюють розміри.

Технологічні бази поділяють на основні і допоміжні.

Основна технологічна база — поверхня, яка використовується для орієнтації деталі на верстаті, у вузлі або машині. Наприклад, корінні шийки колінчастого вала, посадочні місця під маховик і шестірню використовують для орієнтації колінчастого вала у процесі складання відносно інших деталей. Вони ж можуть бути технологічними базами за чистової обробки колінчастого вала на верстаті.

Допоміжні технологічні бази — спеціально створені поверхні, які визначають положення деталі під час обробки. Ці бази можуть бути у вигляді поверхонь центрових отворів, спеціальних поверхонь, поясків біля отворів, тощо. Наприклад, центрові отвори колінчастого вала.

Пристрої, які застосовують під час механічної обробки, поділяються на універсальні і спеціалізовані.

На токарних і круглошліфувальних верстатах використовуються універсальні пристрої для обробки у центрах і патроні.

До пристроїв для обробки у центрах належать: центри, хомутикові пристрої, центрові оправки і люнети.

На токарних і круглошліфувальних верстатах деталі закріплюються за допомогою дво-, три-, чотирикулачкових і цангових патронів.

На фрезерних верстатах деталі монтують за допомогою машинних лещат, поворотних пристроїв і столів.

На свердильних верстатах застосовують кондукторні плити, поворотні пристрої, різні різцеві оправки.

Точінням відновлюють розмірно-точносні характеристики деталей, які ремонтували різними видами наплавлення. Різальну частину інструмента виготовляють із твердих сплавів Т5К10 і Т15К6 за твердості наплавленого шару HRC менше 40 і ВК8, ВК6 за HRC понад 40. Для загартованих статей застосовують різці з від'ємним переднім кутом $\gamma_2 = -10 \dots -15^\circ$ (рис. 3.46). Обробку ведуть із застосуванням охолоджувальної рідини (5–8% емульсолу, 0,2% кальцинованої технічної соди, решта — вода). Широко застосовують під час точіння відновлених поверхонь різці із надтвердих матеріалів (синтетичний алмаз типу балас, ельбор-Р, гексаніт-Р тощо).

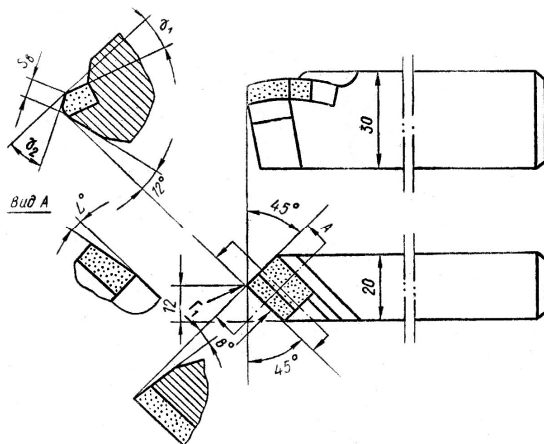


Рис. 3.46. Геометрія різальної частини різця для точіння наплавленого металу

Різці із синтетичних алмазів типу баланс (АСБ) забезпечують стабільність лінійних розмірів деталей, необхідну шорсткість поверхонь, високопродуктивне різання. Стійкість різців з АСБ під час точіння порівняно з різцями з твердих сплавів вища у 2-3 рази.

Ельбор-Р (кубичний нітрид бору) має велику термостійкість і хімічну інертність до заліза. Все це дозволяє застосовувати його, для важкооброблюваних сталей і сплавів, особливо у загартованому стані.

Гексаніт-Р (один з різновидів нітриду бору) — полікристалічний матеріал, який отримують за високоімпульсних тисків, ефективно використовують для холодної обробки наплавлених і загартованих сталей, чавунів, твердих сплавів.

Лейкосапфір являє собою, як і рубін, синтетичний монокристал Al_2O_3 у вигляді α -модифікації, але на відміну від нього майже не має домішок. Застосовують його для виготовлення різців, шліфувальних кругів і паст.

Для точіння матеріалів, наплавлених електроконтактним приварюванням, застосовують різці з лейкосапфіру. На режимі швидкості точіння $v = 50 \text{ м/хв}$, подача $S = 0,05 \text{ мм/об}$, глибина різання $t = 0,1 \text{ мм}$.

Під час точіння осаджень електролітичного заліза у зоні різання утворюється висока температура ($1000\text{--}1050^\circ\text{C}$), яка сприяє інтенсивному зношуванню різального інструмента. Під час точіння м'яких осаджень температура у 1,2–1,7 рази вища, ніж під час точіння твердих покриттів. Найкращі результати показують різці з

твердого сплаву Т30К4. Під час точіння осаджень електролітичного заліза використовують такий режим: швидкість різання $v = 56$ м/хв, подача $S = 0,12$ мм/об, глибина різання $t = 0,2$ мм, передній кут різця $\gamma = 0^\circ$, задній кут — $\alpha = 10^\circ$; головний кут у плані $\phi = 60^\circ$, допоміжний кут у плані $\phi_1 = 30^\circ$ (рис. 3.47).

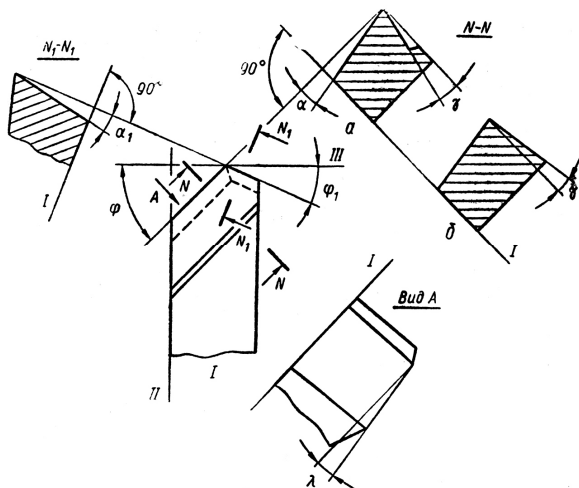


Рис. 3.47. Геометричні параметри різця

Шліфуванням відновлюють розмірно-точності характеристики деталей, наплавлених твердими порошковими матеріалами або нарослених електролітичними покриттями. Шліфування також застосовують як фінішну операцію після точіння і для відновлення колінчастих валів до ремонтних розмірів.

Особливо складна обробка шліфуванням поверхонь, відновлених наплавленням або напilenням порошків, стійких проти зношування. Для їх обробки найефективніше шліфування абразивним (зокрема алмазним) інструментом, а також за допомогою електрофізичних і електрохімічних методів обробки.

Залежно від використання абразивні матеріали виготовляють із: електрокорунду нормального — 12А, 13А, 14А, 15А, 16А; електрокорунду білого — 22А, 23А, 24А, 25А; електрокорунду хромистого — 32А, 33А, 34А; карбиду кремнію зеленого — 63С, 64С тощо. Розміри абразивних матеріалів встановлюють у сотих долях міліметрів: шліфзерно — 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16; шліфпорошки — 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3; мікропорошки (розмір зерна) у мікронах — М40, М28, М20, М14, М10, М7, М5.

Абразивні круги за твердістю поділяються на м'які — М1, М2; середньом'які — СМ, СМ1, СМ2; середні — С1, С2, С; середньотверді СТ, СТ1, СТ2; тверді — Т, Т1, Т2; досить тверді — ВТ1, ВТ2; надзвичайно тверді — ЧТ1, ЧТ2.

Синтетичні алмази залежно від технології їх виробництва і використання можуть бути виготовлені у вигляді синтетичного алмазного порошку звичайної (АСЗ), підвищеної (АСП) і високої міцності (ДСВ).

Найвищі показники процесу обробки порошкових наплавлень приклад, сормайтом УС-25, ФБХ-6-2, ПГХНСПЗ) досягаються за сухого шліфування

Попередньо обробляти сормайт доцільно шліфувальним кругом з хромистого електрокорунду 34А40СМ16К, а обробку УС-25, ФБХ-6-2 — шліфувальним кругом з карбіду кремнію 64С25СМ16К.

Основні режими чорнового шліфування такі: колова швидкість $V_k=35$ м/с, колова швидкість деталі $v_d = 11$ м/хв, швидкість знімання металу Q_m (для сормайту становить $7 \text{ см}^3/\text{хв}$, для УС 25 — 4, для ФБХ-6-2 — 4, 5, для ПГХН80СРЗ — $3 \text{ см}^3/\text{хв}$).

Хвилинна поперечна, подача круга S_{tm} , що відповідає оптимальному значенню швидкості знімання металу:

$$S_{tm} = -\frac{Q_m}{pDL} \quad (3.43)$$

де Q_m — оптимальна швидкість знімання металу наплавлення, $\text{мм}^3/\text{хв}$, D — діаметр оброблюваної поверхні, мм; L — довжина оброблюваної поверхні, мм.

Чистове шліфування рекомендується вести за хвилинної подачі S_{tm} , яка не перевищує $0,15 \text{ мм}/\text{хв}$.

Для відновлення деталей, нарощених електролітичними покриттями, застосовують круги із синтетичних алмазів марки АСП25К6-50 з 50%-ною концентрацією алмазів у крузі.

Оптимальні режими шліфування електролітичних покриттів кругами із синтетичних алмазів: колова швидкість круга $v_k = 30 \text{ м}/\text{с}$, відновлюваних деталей — $v_d = 20\text{--}25 \text{ м}/\text{хв}$, поздовжня подача $S = 1\text{--}1,5 \text{ мм}/\text{об}$, глибина шліфування $t = 0,01\text{--}0,02 \text{ мм}/\text{хід}$.

Під час шліфування застосовують мастильно-охолоджувальну рідину — 3–5%-ний розчин емульсолу у содовій воді.

Шліфуванням одержують точність 6–8 квалітетів і шорсткість поверхні $Ra = 0,5\text{--}0,2 \text{ мкм}$.

Хонінгування застосовують для фінішної обробки внутрішніх поверхонь для поліпшення характеристик шорсткості, наприклад для обробки гільз циліндрів, нижньої головки шатуна тощо.

Попереднє хонінгування виконується брусками, з карбіду кремнію або електрокорунду зернистістю 16–12 мкм, чистове — брусками

зернистістю 4–3 мкм. Колова швидкість хона становить 8–20 м/хв за питомого тиску 0,6–1,4МПа.

Для попереднього хонінгування застосовують також алмазні бруски АС15250/200-М1-100 із стовідсотковою концентрацією алмазу у бруську, для кінцевого — АСМ28/20-М1-100.

На ремонтних підприємствах під час хонінгування використовують мастильно-охолоджувальну рідину — суміш гасу з додаванням до 40% машинного масла. Але вона вогненебезпечна і токсична, тому для цього рекомендується масляна рідина ОСМ-І (температура спалаху не менше 94°C).

Шорсткість поверхні після хонінгування відповідає $K_a=0,16-0,025$ мкм, точність обробки за 5-7 квалітетами.

Суперфінішування застосовують для кінцевої обробки зовнішніх поверхонь абразивними брусками, які мають осцилюючий і поздовжній рух відносно деталі, що обертається. За суперфінішування використовують бруски з білого електрокорунду або корунду зернистістю 3–4 мкм на керамічній зв'язці твердістю МІ, СМ1. Амплітуда коливань брусків 2–4 мм, кількість подвійних ходів 500–1500 за хвилину, колова швидкість обертання деталі 0,03–0,33 м/с. Крім того, пристрій переміщується вздовж деталі зі швидкістю 0,1–0,15 мм/об.

Шорсткість поверхні після суперфінішування $R_a = 0,16-0,025$ мкм, точність обробки за 5–7 квалітетами.

Мастильно-охолоджувальними рідинами є ті самі, що й під час хонінгування.

Полірування алмазними стрічками застосовується для одержання високого класу шорсткості поверхонь циліндричних, ексцентричних і фасонних деталей. Виконується на токарних або круглошліфувальних верстатах. Наприклад, полірують шийки і галтелі колінчастих валів.

Пристрій для полірування деталей типу тіл обертання безкоштовно алмазною стрічкою встановлений на поздовжньому супорті верстату через плиту 11 (рис. 3.48). Безкінечна стрічка 1 надіта на ролик 2 та шків 7. Останній одержує обертання від електродвигуна 10 потужністю 1 кВт через клинопасовий передавач 9 і вібратор 8, який надає стрічці 1 (разом з роликом 2 і шківом 7) коливального руху паралельно осі деталі. Стрічку опускають на деталь за допомогою рукоятки 3 через пружну пластину 4, стрижень 5 і кронштейн 6.

Для обробки деталей застосовують стрічку завдовжки 1500–2200 мм і завширшки до 60 мм. Застосовують алмазну стрічку типу АСО-100%-Р9 зернистістю 80/63–40/23 мкм. Швидкість переміщення стрічки 35 м/с, поперечний коливальний, рух з амплітудою 2–6 мм і

частотою 300–900 коливань на хв за наявності обертального руху деталі і поздовжньої подачі стрічки від верстата.

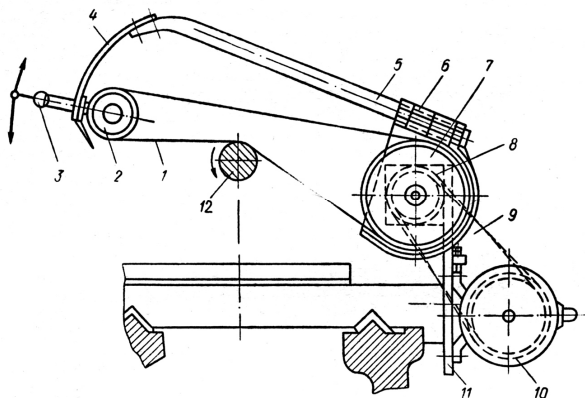


Рис. 3.48. Схема пристрою для полірування деталей безкінечною стрічкою:

1 — безкінечна стрічка; 2 — ролик; 3 — рукоятка; 4 — пружна пластина;
5 — стрижень; 6 — кронштейн; 7 — шків; 8 — вібратор; 9 — клинопасовий передавач; 10 — електродвигун; 11 — плита; 12 — деталь

У процесі обробки одержують шорсткість поверхні $Ra\ 0,32\text{--}0,05\ \mu\text{м}$ і точність обробки за 5–7 квалітетами.

Притирання пастами дає можливість, одержати шорсткість поверхні від $Ra\ 0,08\text{--}0,025\ \mu\text{м}$ і точність у межах 1–3 $\mu\text{м}$. Його застосовують як фінішну операцію для одержання герметичності клапанів, плунжерних пар, підгонки однієї деталі до іншої.

3.20. Електроерозійна обробка

Електроерозійний спосіб обробки деталей належить до групи електрофізичних процесів і полягає в електричній ерозії під час іскрового розряду. Під час проскакування іскри між електродами потік електронів, що рухається з величезною швидкістю, миттєво нагріває частину поверхні аноду до $10\ 000\text{--}15\ 000^\circ\text{C}$, метал плавиться і навіть переходить у газоподібний стан, внаслідок чого відбувається вибух. Частинки відірваного розплавленого металу анода викидаються у міжелектродний простір і залежно від його середовища (газового або рідкого) досягають катоду і осідають на ньому або розсіюються. Деталь є анодом. Інструменту надається коливальний рух від вібратора для замикання і розмикання ланцюга і одержання іскрового розряду.

Вибір і встановлення потрібного режиму досягається застосуванням змінного опору і постійною або змінною ємністю конденсаторів, але є установки і без конденсаторів.

Режими електроерозійної обробки поділяються на три групи: грубі — струм понад 10 А (найбільша продуктивність, але шорсткість поверхні висока — $Rz\ 160\text{--}320\ \mu\text{м}$); середні — струм від 1 до 10 А (шорсткість $Rz\ 40\text{--}160\ \mu\text{м}$); чистові — струм менше 1 А (шорсткість до $Ra\ 0,16\ \mu\text{м}$, але низька продуктивність).

Електроерозійну обробку застосовують для обдирання деталей після наплавлення твердими сплавами; видалення зламаних свердел, мітчиків, шпильок, болтів; вирізання канавок і прошивання отворів будь-якої конфігурації у металі будь-якої твердості.

Для вирізання заглиблень і прошивання отворів виготовляють інструмент із міді та її сплавів за формою необхідного профілю і підключають його до катода. Процес краще вести в рідкому середовищі (гас, мінеральне масло та інші рідини, які не проводять струм), щоб виключити нарощування інструмента (катода).

Установка для електроерозійної обробки (рис. 3.49) живиться постійним струмом 110–220В від двигуна-генератора потужністю 5кВт. Оброблювана деталь під'єднується до анода, а інструмент — до катода. Змінний опір і регульована ємність конденсатора призначені для встановлення певного режиму обробки. Інструмент вздовж осі подається автоматично від системи стеження, яка увімкнена у ланцюг генератора і подає інструмент короткими імпульсами.

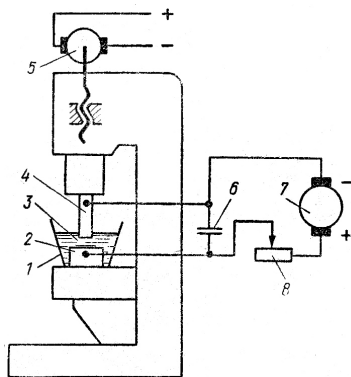


Рис. 3.49 Схема установки для електроерозійної обробки:
1 — ванна; 2 — деталь; 3 — рідина; 4 — інструмент; 5 — система стеження;
6 — конденсатор; 7 — двигун-генератор; 8 — змінний опір

3.21. Анодно-механічна обробка

Загартовані, виготовлені з твердих сплавів і відновлені наплавленням деталі мають значну твердість поверхні, внаслідок чого їх важко або навіть неможливо обробляти різанням. Для обробки таких деталей можна застосовувати анодно-механічний спосіб, за якого деталь піддається комбінованому електрохімічному, електротермічному і механічному впливу.

У зону дії оброблювального інструмента вводиться струмінь електроліту, який складається з водного розчину рідкого скла (густина 1,36–1,38 г/см³) або іншої рідини із вмістом з'єднання кремнієвої кислоти. При пропусканні постійного струму розчин піддається електролізу і на аноді утворюється щільна плівка кремнієкислих з'єднань. Ця плівка видаляється механічною дією катоду (чавунного, сталюого, мідного диска або абразивного круга).

На рис. 3.50 наведено схеми анодно-механічної обробки для різання заготовок, шліфування і чистої доводки деталей, а у табл. 3.16 — режими.

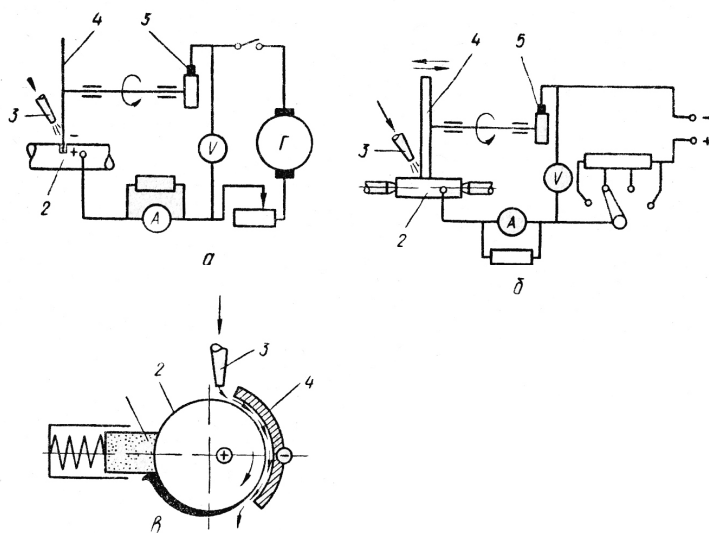


Рис. 3.50. Схема анодно-механічної обробки:

а — різання; б — шліфування; в — чистова доводка; 1 — абразивний інструмент; 2 — оброблювана деталь (анод); 3 — сопло для подачі електроліту; 4 — катод; 5 — струмознімач

Таблиця 3.16

Режими анодно-механічної обробки

Показники	Різання металу діаметром до 300 мм	Загострювання інструменту	Шліфування		
			чорнове	чистове	оздоблювальне
Напруга холостого ходу, В	24-32	20-24	20-24	11-20	6-24
Напруга робочого ходу, В	20-28	10-22	16-20	14-16	4-5
Щільність струму, А/мм²	0,7-5,0	0,01-0,25	0,08-1,5	0,03-0,07	0,005-0,01
Швидкість переміщення електрода, м/с	15-20	12-20	20-30	20-30	0,5-1,0
Питомий тиск, МПа	5-20	2-15	5-15	5-15	5-50
Матеріал електрода	Сталь	Чавун	Сталь	Чавун, мідь	Електро-нейтральний інструмент
Інтенсивність знімання металу, мм/хв	2000-6000	1-200	10-300	2-15	2-3
Шорсткість поверхні, мкм	Rz 80-160	Ra 0,4-10	Ra 0,8-2,5	Ra 0,16-0,63	Ra 0,025-0,16

У випадку застосування струму малої щільності з'являється електрохімічний ефект і на поверхні деталі розчиняються мікроскопічні виступи. Завдяки дисоціації силікату натрію на поверхні і аноду утворюється плівка. Послідовне здирання плівки катодом і розчинення мікровиступів на аноді призводять до поступового згладжування поверхні.

Для одержання високої чистоти поверхні катод не виконує функції інструмента, а є тільки негативним струмопровідним електродом. Плівка ж видаляється дрібнозернистим абразивним бруском або кругом.

Робочою рідиною під час доведення поверхонь деталей є водний розчин фосфорнокислого (NaH_2PO_4), азотнокислого (NaNO_3), хлорного (NaCl), сірчаного (Na_2S) натрію. Для одержання цих розчинів в 1 л води розчиняють відповідно 31, 16, 11 і 16 грамів цих солей.

3.22. Використання лазерної технології для відновлення деталей

В останні роки для зміцнення і нарощування поверхонь деталей на великих спеціалізованих ремонтних і машинобудівних підприємствах все частіше застосовують лазерну технологію.

Використання лазерної технології може забезпечити нарощування металу, зварювання дефектів глибиною до 0,5 мм, термічну обробку, прошивання отворів, зварювання.

Вона ефективна для місцевого наплавлення площею 50–100 мм² з товщиною шару 0,8–1,2 мм, термозміцнення відповідальних ділянок плоских поверхонь деталей, а також циліндричних і складнопрофільних з радіусом кривизни не більше 25 мм.

Слово «лазер» складено з перших літер англійської фрази «*Lighl Amplification by Stimulated Emission of Radiation*», що в перекладі означає посилення світла за рахунок стимульованої емісії, тобто в назві відображена суть роботи лазера, або, як його інакше називають, оптичного квантового генератора.

Перевагою лазерної технології порівняно з іншими видами зміцнення або нарощування шару є те, що ця технологія забезпечує локальне поверхнєве нагрівання деталі, і не змінює властивостей основної її маси. Зона термічного впливу за лазерного наплавлення залежить від маси деталі, і не перевищує 0,4 мм.

Суть лазерної технології полягає в тому, що лазерний промінь створює дуже високі щільності світлової потужності — порядку 10⁹Вт/см² і вище. При цьому легко регулюється розмір і положення світлового променя за допомогою дзеркал і фокусуючих лінз.

Діаметр фокусованого променя може змінюватися від 0,01 до 10 мм, а сам переміщуватися запрограмованими траєкторіями будь-якої складності. Промінь не послаблюється повітрям і може передаватися на будь-які відстані. Він не викликає проникаючої радіації, тому захист від опромінення дуже простий — екраном може бути звичайне оргскло.

Основними параметрами лазерних технологій є щільність потужності (P). Якщо $P < 10^5$ Вт/см², його використовують для термічної обробки; $10^5 < P < 10^7$ — для зварювання і наплавлення; $P > 10^8$ Вт/см² — для різання і прошивання отворів. За щільності потужності $P > 10^9$ Вт/см² ККД процесу різко знижується внаслідок взаємодії випромінювання з продуктами випаровування матеріалу із зони обробки.

Для зміцнення і нарощування зношених циліндричних поверхонь переважно використовують схему, наведену на рис. 3.51. Обробка циліндричної поверхні більшої довжини, ніж діаметр пучка, здійснюється скатуванням за спіраллю, а плоскої — за зигзагом.

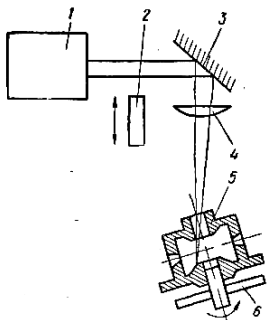


Рис. 3.51. Схема лазерної установки для зміцнення циліндричних поверхонь:

1 — лазер; 2 — вимірювач потужності; 3 — дзеркала; 4 — фокусуюча лінза; 5 — деталь; 6 — пристрій для обертання

риття нижчий, ніж під час нарощування шару другим методом.

Залежно від вимог, що висуваються до якості деталей і їх експлуатаційних властивостей, використовують різні порошкові композиції на основі заліза, нікелю, титану, хрому.

Лазерній обробці піддають після чистової механічної. Оскільки блискуча поверхня деталей за термічного зміцнення відбиває 90 % лазерного випромінювання, перед обробкою на неї наносять різні покриття (краще — оксиди алюмінію, цинку), які збільшують поглинальну властивість. Вони, повинні мати підвищену жаростійкість і теплопровідність.

Лазери поділяють на твердотілі і газові — CO_2 . Твердотілі застосовують на допоміжних операціях, а також під час обробки малогабаритних деталей. Активним середовищем є тверді тіла: рубіни, спеціальне скло, алюмонатрієвий гранат, тощо. Їх к.к.д. не перевищує 3%. У газових лазерів безперервної дії к.к.д. становить 5–10%. Їх енергетичні параметри можуть змінюватись у широких межах. Вони перспективні для використання в ремонтному виробництві і машинобудуванні.

Оптична система формування і передачі променя у лазерній установці включає дзеркала і лінзи.

Дзеркала виготовляють із металів (мідь, сплави міді і нікелю, нержавіюча сталь) із шорсткістю 0,5–1 мкм, а лінзи — з арсеніду галію, селеніду цинку, хлорного натрію.

Якість деталей, термозміцнених і відновлених лазерним променем, залежить від параметрів обробки, маси деталі (визначає ін-

На продуктивність процесу впливає траєкторія променя і розмір оброблюваної поверхні деталі.

Лазерне наплавлення можна здійснювати двома методами: шляхом подачі порошку через дозатор у зону променя і нанесенням порошку потрібного складу на деталь у вигляді обмазки (зв'язувально-клейова сполука — водний розчин осітилцелюлози — ОЕЦ або карбоксиметилцелюлози — КМЦ з розрахунку 8–20 г/л за $t = 75^\circ\text{C}$). Витрата порошку першим у 5–6 разів більша, а рівень фізико-механічних властивостей пок-

тенсивність тепловідведення), хімічного складу її матеріалу і наплавленого.

Основними критеріями якості є глибина зміцнення, його однорідність, міцність перехідної зони під час нарощування, рівень і розподіл мікротвердості вздовж перерізу робочого шару. Максимальної глибини загартованого шару досягають тоді, коли температура на поверхні деталі відповідає температурі плавлення. Це забезпечується інтенсивністю теплового джерела, швидкістю обертання та переміщення деталі під час обробки.

Із збільшенням концентрації вуглецю твердість і глибина загартованої зони збільшуються. Підвищення концентрації карбідотворювальних легуючих елементів (Cr, W, V, Mo) призводить до зростання твердості зміцненої зони, а аустенітотворювальних елементів (Mn, Cu) — до її зниження. Термічне зміцнення (загартування) сталей із вмістом вуглецю від 0,006 до 0,78% забезпечує глибину загартованого шару без оплавлення поверхні до 0,5–0,6 мм, а з високоміцного чавуну — до 1 мм.

Під час відновлення деталей лазерним наплавленням твердість робочого шару становить 60–63 HRC, а міцність зчеплення з основним металом — 250 МПа.

3.23. Слюсарні роботи

Випрямлення і рихтування. Випрямлення застосовується для усунення згину, скручування і жолоблення валів, осей, шатунів, кронштейнів, балок, рам і облицювальних деталей сільськогосподарської техніки, виготовлених з тонколистового прокату. Його виконують з використанням пресів, домкратів, скоб, гвинтових пристроїв, кувалд, молотків (сталей, мідних, дерев'яних).

Залежно від ступеня деформації і розмірів деталей використовують механічний, термічний або термомеханічний способи випрямлення.

Механічне випрямлення валів діаметром до 200 мм у холодному стані застосовують у тому випадку, якщо величина (стріла) прогину f (рис. 3.52) не перевищує 1 мм на 1 м довжини вала.

Для вимірювання стріли прогину вала виправляють центрові отвори і встановлюють вал у центри токарного верстата або спеціального пристрою. За розмір стріли прогину приймають половину числового значення биття вала, яке показує індикатор часового типу.

Для випрямлення вал 4 ставлять на призми або опори 5 гвинтового або гідравлічного преса випуклим боком вверху і перегинають натисканням штока 3 преса через прокладку 2 з кольорового сплаву так, щоб зворотна величина прогину f_1 була в 10–15 разів бі-

льша прогину f , який мав вал до випрямлення. Точність випрямлення контролюють індикатором 1.

Прес вибирають за зусиллям випрямлення, яке розраховують за формулою:

$$P = 6,8 \cdot 10^3 \sigma_t d^3 l \quad (3.44)$$

де P — зусилля випрямлення, кН;

σ_t — межа текучості матеріалу вала, МПа;

d — діаметр перерізу вала, мм;

l — відстань між опорами, м.

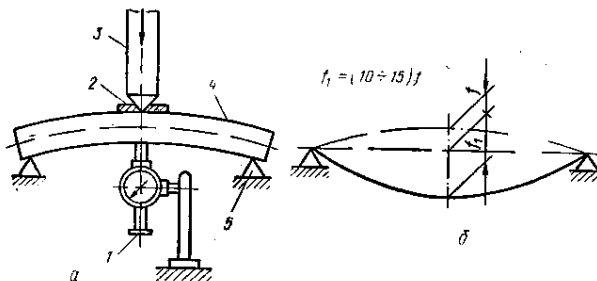


Рис. 3.52. Схема холодної правки вала:

a — монтаж; b — розрахунки: 1 — індикатор; 2 — прокладка;
3 — шток; 4 — вал; 5 — опора

Для підвищення стійкості деталі і зняття внутрішніх напружень, які виникають у результаті випрямлення, проводять відпускання за температури 400–450 °С протягом 0,5–1 год.

Термічне випрямлення полягає у нагріванні обмежених ділянок вала з випуклого боку, внаслідок чого метал прагне розширитися, але протидія сусідніх холодних ділянок призводить до виникнення стискаючих зусиль, які є результатом пластичного зміцнення волокон. Ефективність випрямлення вала залежить від ступеня закріплення кінців: за жорсткого закріплення прогин усувається у 5–10 разів швидше, ніж за незакріплених кінців вала. Оптимальна температура нагрівання сталевих деталей становить 750–850 °С.

Термомеханічне випрямлення полягає у рівномірному прогріванні деталі вздовж всього деформованого перерізу з наступним випрямленням зовнішнім зусиллям. Нагрівання здійснюється газовими пальниками або індуктором до температури відпалення (750–800 °С). Індукційне нагрівання струмами промислової частоти відбувається так. Деталь ізолюють листовим азбестом і обмотують зварювальним кабелем перерізом 80–100 мм² (з розрахунку 16–20 витків на 1 м довжини ділянки, що нагрівається). Зверху кабелю

кладуть другий шар азбесту. Струм подається від зварювальних трансформаторів (напруга 50–60 В, сила струму 800–1000 А).

Рихтування застосовується для вирівнювання вм'ятин деталей, виготовлених з тонколистової сталі (капоти, крила, кабіни).

Процес попереднього вирівнювання вм'ятин шляхом вибивання ввігнутої частини панелі до одержання її правильної форми називають вибиванням. Процес кінцевого вигладжування поверхні після вибивання називають рихтуванням. Для випрямлення вм'ятини під неї встановлюють підтримку, ударами вибивального молотка по вм'ятині вибивають її до рівня непошкодженої частини поверхні, потім підрівнюють дерев'яною або гумовою киянкою залишені після вибивання нерівності. Дід час випрямлення вм'ятин дотримуються таких вимог: глибокі вм'ятини без гострих загинів і складок вирівнюють, починаючи із середини і поступово переносячи удари до краю; вм'ятини з гострими кутами вибивають, починаючи з гострого кута або з виправлення складки; пологі вм'ятини виправляють із країв, поступово переносячи удар до середини.

За товщини металу понад 2 мм вм'ятини виправляють із застосуванням газополуменового нагрівання. Деталі завтовшки 2–3 мм нагрівають у зоні виправлення до 650–700 °С, завтовшки 4–5 мм — до 850–900 °С. Ширина зони нагрівання не має перевищувати п'ятикратної товщини листа. Нагрівання ведуть із випуклого боку вм'ятини, і смуги нагрівання розміщують вздовж схилу випуклості на 80–100 мм від її межі.

За сферичної або овальної форми випуклості смуги нагрівання розміщують за її контуром, а циліндричної — паралельно її твірній.

Зароблювання тріщин і пробоїн. У процесі експлуатації в деталях часто з'являються тріщини і пробоїни, які знижують їх міцність і порушують герметичність деталі. Тріщини у багатьох випадках виникають у корпусних деталях, виготовлених з чавуну, а пробоїни — в деталях з тонколистової сталі. Операцію забивання тріщин і пробоїн виконують слюсарно-механічними способами: встановленням металічних латок, заварюванням, фігурними вставками, штифтуванням.

Встановленням металічних латок відновлюють герметичність корпусних деталей. Крім того, латки використовують для зароблювання тріщин і пробоїн деталей оперення, рам тощо. Їх виготовляють з м'якої листової сталі завтовшки 1,5–2 мм, а інколи з листової міді або латуні. Для ремонту оперення беруть матеріал товщиною, рівною товщині деталі. Визначають межі тріщини, зачищають її і засвердлюють кінці. Розмір латки має бути таким, щоб вона виходила за краї пробоїни або тріщини на 15–20 мм. Перед встановленням латку і місце тріщини промазують суриком, а під час віднов-

лення герметичності під латку ставлять прокладку з пароніту або полотна, а також промазують її суриком або герметизуючим мастилом. Кріплять латку гвинтами або заклепками на відстані 10–15 мм одна від одної.

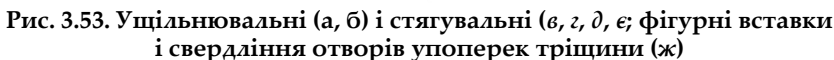
Заварювання тріщин у деталях з тонколистової сталі проводять газовим зварюванням або зварюванням у середовищі вуглекислого газу. Аналогічно проводять заварювання пробоїни, ставлять латку за формою пробоїни або накладають латку, яка перекриває дефектне місце на 50–60 мм.

Тріщини і пробоїни у деталях з чавуну усувають електродуговим зварюванням у холодному стані методом відпалювальних валиків електродом ЦЧ-4, напівавтоматичним зварюванням у середовищі вуглекислого газу дротом Св-08Г2С, самозахисним дротом ПАНЧ-11, гарячим зварюванням за нагрівання деталі до 600–700°С чавунними електродами марки А.

Фігурними вставками ремонтують тріщини у корпусних деталях. Цей спосіб дозволяє відновлювати не тільки герметичність деталі, але й її міцність. Тріщини ремонтують ущільнювальними і стягувальними фігурними вставками, виготовленими із сталі 20 або Ст. 3.

Технологія ремонту включає одержання в деталі спеціального паза і запресування в нього раніше виготовлених фігурних вставок. До основних деталей оснащення, від яких залежить якість роботи, належать кондуктор для свердління паза і сама фігурна вставка.

Ремонт тріщин ущільнювальними фігурними вставками (рис. 3.53а,б) такий. Поверхню тріщини очищають від бруду і масла. За допомогою магнітного дефектоскопа або іншим способом визначають конфігурацію і межі тріщини і відмічають їх крейдою. Відступивши від кінця тріщини у бік її продовження на 4–5 мм, накернюють і просвердлюють отвір діаметром 4,6 мм на глибину 3,5 мм (діаметр свердла 4,5 мм). Потім за допомогою спеціального кондуктора, електродриля або на свердлильному верстаті свердлять такі самі отвори вздовж всієї тріщини, а через кожних п'ять отворів — упоперек тріщини так, як показано на рис. 3.53є. Просвердлені отвори продувають стиснутим повітрям. Знежирюють поверхні фігурного паза і вставок технічним ацетоном. За допомогою бородка і молотка встановлюють спочатку поперечні, а потім поздовжні фігурні вставки. Перед встановленням, бокові поверхні і торці вставок мащують клеєм на основі епоксидних смол. Відремонтовану ділянку зачищають врівень з деталлю і за необхідності перевіряють деталь на герметичність.



Ремонт тріщин стягувальними фігурними вставками (рис. 3.53, $\alpha, \nu, \delta, \epsilon$) подібний ремонту тріщин ущільнювальними вставками. Фігурний паз під стягувальну вставку виготовляють тільки упоперек тріщини. Спочатку за допомогою спеціального кондуктора свердять шість отворів на глибину 10 мм: три з одного боку тріщини і три з другого. Спеціальним пробійником видаляють перемички між отворами. В одержаний паз запресовують фігурну вставку, попередньо знежиривши і змазавши її епоксидним клеєм. Стягування тріщини відбувається за рахунок різниці розмірів кроку між осями отворів фігурного паза і кроку фігурної вставки.

Стягувальними фігурними вставками рекомендується ремонтувати тріщини в блоках циліндрів, розміщених у верхніх перегородках між циліндрами, а також тріщини у головках циліндрів, розміщених у перемичках між клапанними гніздами та між клапанним гніздом і гніздом під камеру згорання.

Штифтуванням заробляють тріщини у деталях, які потребують герметичності (корпуси коробок передач, задніх мостів, водяних сорочок блоків циліндрів). Тріщину вздовж забивають нарізними штифтами. Спочатку засвердлюють кінці тріщини, нарізають у них нарізь і вставляють штифти. Потім у послідовності, наведений на рис. 3.54, свердлять отвори і встановлюють решту штифтів. Кожний штифт має перекривати сусідній приблизно до $1/3$ діаметра. Штифти виготовляють із червоної міді або бронзи.

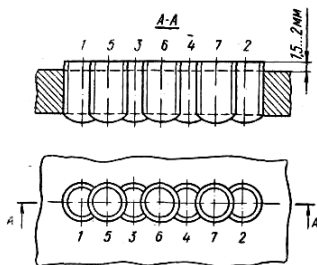


Рис. 3.54. Схема зароблювання тріщин штифтами

Після встановлення верхні кінці штифтів розкарбовують, зачищають та інколи проपाюють м'яким припоєм. Цей спосіб дуже трудомісткий і потребує високої кваліфікації слюсаря.

Ремонт нарізних з'єднань. Зношені нарізи в деталях відновлюють двома методами: із зміною початкового розміру нарізі (спосіб ремонтних розмірів) і без його зміни

(способи наплавлення і заварювання, встановлення додаткових деталей, заміною частини деталі). Відновлення нарізі без зміни розмірів застосовуються частіше, оскільки при цьому не порушується взаємозамінність і не зменшується міцність з'єднання.

Зовнішню нарізь відновлюють декількома способами. У разі зривання менше двох ниток нарізі її калібрують за допомогою нарізного інструмента.

Під час ремонту нарізі на валах замінюють зношену нарізну частину деталі або наплавляють метал на поверхню різними способами, потім виконують механічну обробку і нарізають нарізь нормального розміру. Основний недолік такого способу — зниження втомленої міцності деталі до 10-30% і можливість пропалювання тонкостінних деталей.

Болти бракують у випадку зношування головок і нарізі (зривання понад 2 ниток нарізі).

Нарізні отвори мають такі основні дефекти: зрив, забивання, зминання та викришування окремих витків, зношування за внутрішнім і середнім діаметрами нарізі. Для ремонту застосовують заварювання з наступним свердлінням і нарізанням нарізі номінального розміру, встановлення вкруток і спіральних вставок, нарізання нарізного отвору більшого розміру на новому місці.

Основним недоліком заварювання отворів з наступним свердлінням і нарізанням нарізі номінального розміру є велика зона термічного впливу, що призводить до зміни структури основного металу, відбілення чавуну, утворення тріщин і жолоблення, зниження міцності нарізі майже вдвічі,

Вкрутки (рис. 3.55) вставляють у попередньо нарізаний отвір деталі. Для запобігання викручуванню ставлять стопорні шпильки або приклеюють компаундом. Зовнішній діаметр вкрутки визначають за формулою:

$$D = d \sqrt{\sigma_1 / \sigma_2}, \quad (3.45)$$

де d — зовнішній діаметр нарізі болта;

σ_1, σ_2 — межа міцності відповідно матеріалу болта і корпусу.

Висота вкрутки дорівнює товщині матеріалу корпусу, але не менше $3d$.

Такий спосіб відновлення нарізі трудомісткий, складний і не може застосовуватись, якщо конструкція деталі не дозволяє збільшити отвір.

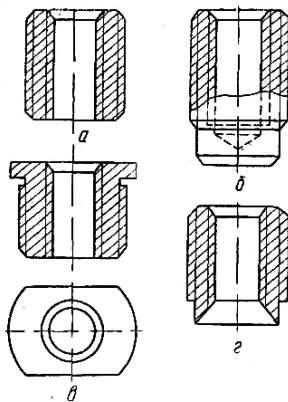


Рис. 3.55. Основні типи вкруток:

a — пряма відкрита; $б$ — пряма закрита; $в$ — пряма відкрита з буртиком під ключ; $г$ — ступінчаста під розвальцьовування нижнього кінця

Висока якість нарізного з'єднання досягається застосуванням спіральних вставок (рис. 3.56).

Вставку виготовляють із нержавіючого дроту Х18Н10Т ромбічного перерізу у вигляді спіралі.

Випускається комплект інструменту для ремонту нарізних отворів спіральними вставками. Він має свердла, мітчики, ключі для вкручування спіральних вставок, борідки для видалення технологічного повідка, тригранні ключі для викручування бракованих вставок, набір спіральних вставок.

Технологія встановлення спіральної вставки складається із свердління отвору під потрібний розмір, нарізання нарізі з тим самим кроком, установлення спіральної вставки необхідного розміру технологічним повідком донизу в монтажний інструмент, закручування її у підготовлений отвір і видалення технологічного повідка із вставки спеціальним

бородком. Вкручена спіральна вставка має заглиблюватись у поверхню деталі на 0,5–1 мм.

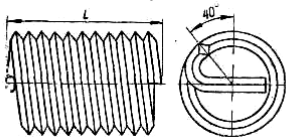


Рис. 3.56. Нарізна спіральна вставка

Перевага цього способу полягає в тому, що завдяки рівномірному розподілу навантаження за витками і збільшенню діаметра значно підвищується міцність з'єднання, особливо в алюмінієвих і чавунних деталях. Цим способом можна відновлювати нарізні

отвори у тонкостінних деталях.

Свердління отворів і нарізання нарізі на новому місці можна застосовувати тільки для окремих груп деталей, у яких розміщення нарізних отворів може бути змінено без порушення взаємозамінності (маточини, барабани, фланці тощо).

Видалення зламаних болтів і шпильок виконують за допомогою електроерозійної обробки, приварювання до зламаних болтів і шпильок гайок або пластин.

Електроерозійною обробкою бором і екстрактором видаляють зламані шпильки і болти, якщо зламаний кінець розміщений нижче рівня поверхні деталі. Для цього деталь занурюють у ванну з гасом. Обламаний кінець болта або шпильки руйнують дією мідного електрода — інструмента на грубому режимі. Якщо діаметр зламаної шпильки великий, інструмент (електрод) беруть квадратного перерізу, а у шпильці прошивають квадратний отвір на глибину 10–15 мм і потім пробковим ключем викручують її.

Бором (рис. 3.57а) зламану шпильку викручують шляхом свердління у шпильці отвору, забиванням у нього бору який являє собою загартований конічний стрижень з гострими прямими зубами і головою під ключ або вороток. Забитий бор щільно зчіплюється з тілом шпильки або болта, що дозволяє їх викрутити. Після видалення обламаної частини, наріз калібрується відповідним мітчиком.

Екстрактор (рис. 3.57б) являє собою конічний стрижень, на якому нарізані п'ять лівих спіральних канавок. У центрі злому свердлять отвір на всю його довжину, забивають екстрактор у висвердлений отвір і викручують обломок із нарізного отвору.

Приварювання гайок і дротів до зламаних болтів і шпильок застосовують у тому випадку, коли зламаний кінець болта або шпильки знаходиться на рівні поверхні або вище неї. Якщо він розміщений на рівні поверхні деталі (рис. 3.57в), то на нього накладають гайку меншого розміру і приварюють. Обертаючи гайку, викручують обломок з нарізного отвору. Якщо зламаний кінець болта

чи шпильки виступає над поверхнею деталей (рис. 3.57₂), то на нього надівають шайбу і приварюють сталевий дріт, за який викручують обломок.

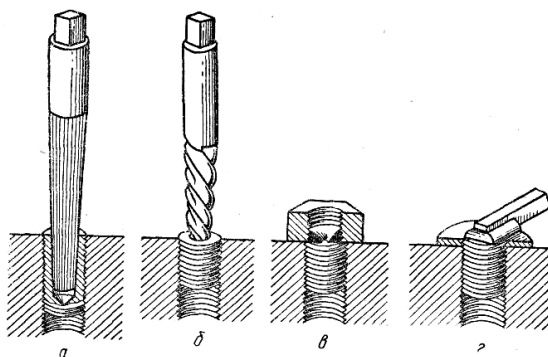


Рис. 3.57. Інструменти і прийоми для викручування зламаних шпильок і болтів:

a — бор; *б* — екстрактор; *в* — приварювання гайки;
z — приварювання дроту

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЯ УСУНЕННЯ ДЕФЕКТІВ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ

4.1. Основи уніфікації технологічних процесів

Для ремонтних підприємств характерна низька серійність виробництва, тобто за великої номенклатури деталей, які підлягають відновленню (нараховується кілька тисяч найменувань), кількість деталей одного найменування може становити лише кілька сотень на рік. Отже, якщо на підприємстві розробляти технологію і організовувати виробництво кожного найменування деталі, суттєво збільшаться витрати на підготовку виробництва, неможливо завантажити обладнання, застосувати спеціальне оснащення тощо.

Але багато деталей сільськогосподарської техніки мають схожі геометричну форму, конструктивні елементи, дефекти, матеріал тощо. Тому можна підібрати низку деталей, подібних за конструктивно-технологічними характеристиками, для яких можна використати однакову оптимальну технологію відновлення (уніфіковану технологію).

Уніфікована технологія дозволяє прискорити підготовку виробництва, застосувати оптимальний склад обладнання, використовувати переналагоджене оснащення, зменшити кількість інструменту, скоротити обсяг технічної документації.

Технологічну уніфікацію проводять за двома напрямками: типізація технологічних процесів та груповий метод обробки.

Типізація технологічних процесів полягає у розробці процесів ремонту (відновлення) групи деталей із загальними конструктивними та технологічними ознаками.

Існують типові технологічні процеси відновлення гільз циліндрів, шатунів, поршневих пальців, колінчастих валів тощо.

Метод групової обробки, детально розроблений проф. С.П. Митрофановим, є подальшим розвитком ідей типізації технологічних процесів.

В умовах індивідуального і дрібносерійного виробництва, що характерні ремонтному виробництву, широке застосування знаходить груповий метод обробки, який полягає у розробці процесів ремонту (відновлення) групи деталей з різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками.

Такий метод може бути використаний під час відновлення шліцьових валів, дисків, важелів, вилок перемикачів, корпусів та інших груп деталей.

Уніфікація технології ґрунтується на технологічній класифікації деталей. У машинобудуванні та ремонтному виробництві існує низка класифікацій деталей машин за різними ознаками.

Для подальшого вивчення технології відновлення типових деталей використано класифікацію, розроблену на кафедрі ремонту машин ХНТУСГ (табл. 4.1).

В основу класифікації покладено такі конструктивно-технологічні ознаки: геометрична форма деталі; конструктивні характеристики відновлюваних елементів; види та повторюваність дефектів; розмірна та вагова характеристики; розміри відновлюваних конструктивних елементів; характеристика та величина зносів; матеріал деталі та вимоги за міцністю; точносні характеристики.

Таблиця 4.1

Класифікація деталей сільськогосподарської техніки

Клас	Підклас	Основні технологічні завдання відновлення
1	2	3
01. Стрижні круглі	01.1. Вали гладенькі і ступінчасті	Відновлення зовнішніх елементів обертання, переважно циліндричних
	01.2. Вали шліцьові	Відновлення шліцьової частини і циліндричних поверхонь обертання, необхідність термообробки
	01.3. Вали колінчасті	Відновлення ексцентрично розміщених поверхонь
	01.4. Вали розподільні	Відновлення потрібного профілю кулачків
02. Циліндри порожністі	02.1. Стакани, маточини, втулки	Відновлення зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь обертання
	02.2. Гільзи циліндрів	Відновлення внутрішніх і зовнішніх циліндричних поверхонь
03. Диски	03.1. Диски, маховики, шків	Відновлення зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь, які відрізняються великими діаметральними розмірами; необхідність балансування більшості деталей
	03.2. Котки, напрямні колеса	Те саме, що і 03.1, але великі зноси поверхонь вимагають особливих способів відновлення (заливання рідким металом, установлення бандажів, електрошлакового наплавлення тощо)

Закінчення табл. 1.4

1	2	3
04. Дрібні деталі	04.1. Поршневі пальці 04.2. Валики вентиляторів і штовхачів, осі шестерень	Відновлення зовнішніх циліндричних поверхонь специфічними способами (гідротермічним роздаванням, гарячим розкатуванням тощо) Відновлення зовнішніх поверхонь з незначними зносами (переважно гальванічними способами)
05. Колеса зубчасті	05.1. Шестерні 05.2. Зірочки	Відновлення зубчастого вінця Відновлення зубів і западин зірочок
06. Важелі	06.1. Шатуни 06.2. Тяги, важелі	Відновлення нижньої і верхньої головок шатуна і накривки з високою точністю обробки і взаємного розміщення Відновлення отворів і торців головок із заданою точністю їх взаємного розміщення
07. Корпусні деталі	07.1. Блоки циліндрів	Відновлення тріщин у перемичках між отворами під гільзи, поверхонь і неспіввісностей отворів під вкладиші
	07.2. Головки блока циліндрів 07.3. Корпуси	Відновлення клапаних гнізд, площини прилягання до блока Відновлення циліндричних і плоских поверхонь з високими вимогами до точності їх обробки і просторового розміщення, зароблювання тріщин
08. Деталі просторові тонкостінні	08.1. Накривки, кожухи, картери 08.2. Тонкостінні деталі облицювання	Відновлення плоских поверхонь, зароблювання тріщин, відновлення гладеньких і нарізних отворів Усунення вм'ятин, зароблювання тріщин
09. Деталі площинні	09.1. Вилки переключення передавачів	Відновлення плоских робочих поверхонь
10. Деталі профільні	10.1. Лемеші, лапи, диски сошників	Відновлення лез і проектної геометрії деталей
11. Пружини, ресори	11.1. Пружини 11.2. Ресори	
12. Деталі спеціальні	12.1. Радіатори, ланки гусениць тощо	Деталі мають специфічну технологію відновлення

З урахуванням спільності вказаних ознак всі деталі сільськогосподарської техніки можна розділити на 12 класів, а потім клас можна розбити на декілька підкласів.

Значення та межі вимірювання розмірно-точносних характеристик деталей тракторів, комбайнів, автомобілів та сільськогосподарських машин стосовно найбільш масових підкласів наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Значення параметрів деталей

Підклас	Маса деталі, кг	Габаритні розміри деталі, мм		Зовнішні посадочні поверхні, мм		Внутрішні посадочні поверхні, мм		Діаметр допоміжних отворів, мм	Допустимі зноси поверхонь, мм		Точність відновляючих поверхонь, квалітет	Шорсткість, мкм
		ширина (діаметр), мм	довжина, мм	діаметр	довжина	діаметр	довжина		зовнішніх	внутрішніх		
01-1 Вали гладенькі	0,17-24	15-220	100-1600	15-140	10-430	—	—	8-50	0,02-0,70	—	7-11	0,25-40
01-2 Вали пліп'юві	1,2-17,3	24-300	200-1590	20-110	10-100	—	—	—	0,02-0,80	—	7-10	0,50-20
02-2 Стакани, маточини, втулки	0,37-17,5	70-350	30-200	52-240	8-150	35-150	10-100	8,5-25	0,015-0,54	0,015-0,074	7-10	0,25-5,0
03-1 Маховики, шківні диски	0,74-51	100-518	15-162	55-500	—	16-205	10-100	5-30	0,04-0,80	0,03-0,86	7-12	0,25-20
06-2 Тяги, важелі	0,1-5	—	50-550	—	—	—	—	8-50	0,12-3,0	0,03-2,15	7-14	0,8-6,3
07-2 Корпуси	8,4-231,6	109-527	340-1614	—	—	50-298	10-150	10-150	—	0,03-0,23	7-10	0,40
09 Деталі площинні	0,3-2	25-258	80-300	—	—	—	—	15-22	0,1-2,0	0,072-0,37	8-14	0,8-6,3

Уніфіковану технологію розробляють у такій послідовності:

- класифікація деталей, які підлягають відновленню, об'єднання деталей у групи, попередній вибір типових представників;
- кількісне оцінювання груп деталей, визначення річної програми відновлення та встановлення ступеня уніфікації технологічних процесів (одиничні, типові, групові);
- аналіз повторюваності дефектів, установлення доцільності усунення всіх дефектів, особливо з низькою повторюваністю, які потребують спеціальних методів усунення або обладнання;
- вибір найпрогресивніших методів усунення дефектів з урахуванням зносів, які забезпечують мінімальні припуски на обробку, і орієнтування на наявне обладнання або таке, що можна придбати чи виготовити;
- встановлення технологічних баз, які забезпечують точність та надійність базування. Зазвичай, за бази вибирають найменш зношені поверхні, або ті, що застосовувались під час виготовлення деталей;
- складання технологічних маршрутів обробки: розробляється комплексна деталь або комплексний маршрут (рис. 4.1) і визначається послідовність операцій та склад обладнання. Під час вибору типів та типорозмірів обладнання необхідно, щоб характеристики обладнання відповідали розмірно-точносним параметрам відновлюваних деталей;

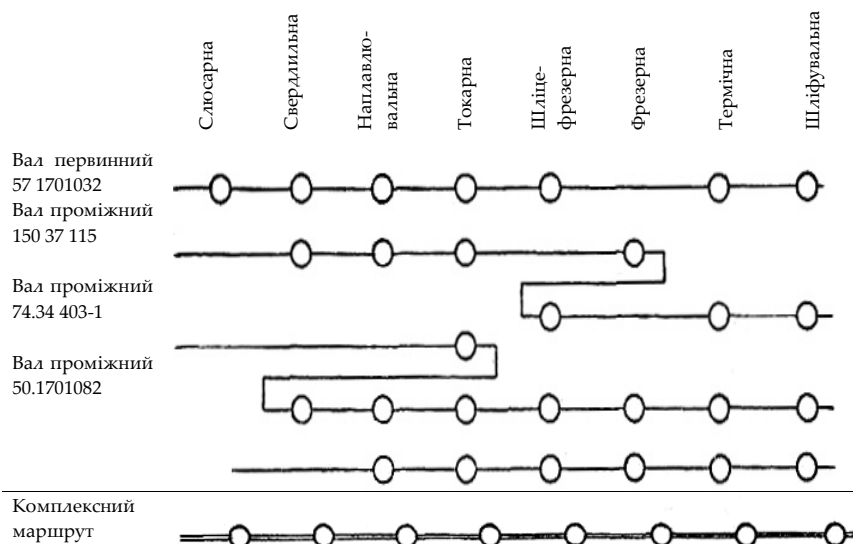


Рис. 4.1. Схема комплексного технологічного маршруту

- розробка технологічних операцій, вибір їх структури, конструювання або вибір універсального переналагодженого оснащення, встановлення раціонального переходу, нормування операцій.

4.2. Ремонт деталей «Стрижні круглі»

Вали гладенькі і ступінчасті (підклас 01.1.) є тілами обертання з гладенькою або ступінчастою зовнішньою поверхнею і, в окремих випадках (до 7% деталей), з наявністю фланця.

Виготовляються вали переважно з вуглецевих сталей (45, 35, 50), близько 25% найменувань деталей — із легованих сталей 40Х, 25ХГТ, 50Г, 18ХГТ і 4% зі сталей звичайної якості (переважно деталі комбайнів).

Близько 70% деталей мають довжину до 600 мм і діаметр до 85 мм і лише 3% деталей — конструктивні елементи діаметром 155–220 мм. Довжина більшості зовнішніх відновлюваних поверхонь не перевищує 80 мм. Шпонкові канавки завширшки 6–10 мм.

Допускається непаралельність осей — у 10% деталей; радіальне биття (0,03–0,10 мм) — у 30; торцеве биття — у 5% деталей.

Посадочну поверхню з міцністю HRCe 40 мають 10% деталей цього підкласу.

Дефекти деталей підкласу «Вали гладенькі і ступінчасті» зображено на рис. 4.2.

Наявність дефектів зовнішніх циліндричних поверхонь контролюється мікрометром (ціна поділки 0,01 мм), згин деталі і биття фланців — індикатором (0,01 мм) на штативі, знос конічних, фасонних та нарізних поверхонь — шаблонами та калібрами.

Найбільша повторюваність дефектів зовнішніх циліндричних поверхонь, до того ж у 60 % деталей підлягають відновленню дві, а в деяких деталях 3–4 і навіть 5 циліндричних поверхонь. Досить часто вали мають дефекти шпонкових пазів і зовнішньої нарізки.

Допустимий знос посадочних місць під вальниці кочення не перевищує 0,07 мм, а під зашліфувачі і манжети може досягати 0,5–0,8 мм. Граничним зносом шпонкових канавок є збільшення його за шириною на 15%.

У деталях даного класу технологічними базами є центрові отвори, які мають дві основні форми (рис. 4.3).

Перед відновленням центрові отвори перевіряють (візуально) і, за необхідності, виправляють центрувальними свердлом або зенківкою чи проточуванням різцем на токарному верстаті (деталь базується за найменш зношеною поверхнею. Якщо центрових отворів немає базами є найменш зношені поверхні.

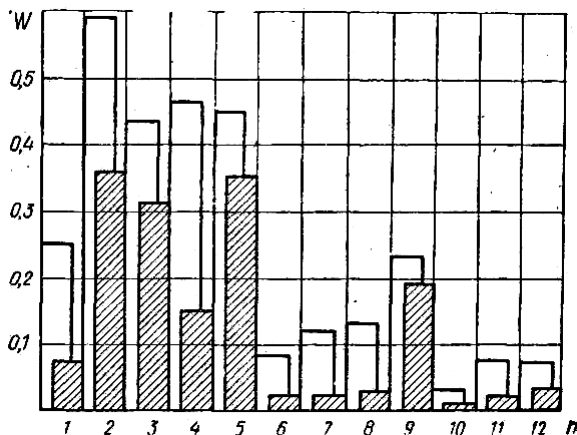


Рис. 4.2. Характеристика дефектів деталей підкласу «Вали гладенькі і ступінчасті»:

n — назва дефектів; W — середня повторюваність дефектів; 1 — згин деталі; 2 — зношування поверхні під вальниць кочення; 3 — зношування поверхні під вальниць ковзання; 4 — зношування, пошкодження зовнішньої нарізі; 5 — зношування шпонкових пазів; 6 — зношування, пошкодження нарізних отворів; 7 — зношування осевих отворів; 8 — зношування допоміжних отворів; 9 — зношування поверхонь нерухомих спряжень; 10 — биття фланців; 11 — тріщини у зварних швах; 12 — зношування лисок

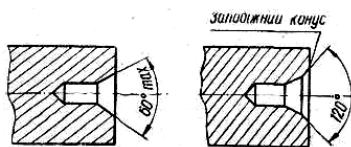


Рис. 4.3. Форми центрових отворів валів

Технологічний маршрут.

Після дефектації та сортування виправляють центрові отвори (вертикально- або радіально-свердильний верстат з пристроями).

Вали, які мають згин, правлять на пресі. Після правки наплавляють нарізні частини, циліндричні поверхні,

заплавляють шпонкові пази. Для цього використовують наплавлення у середовищі вуглекислого газу (азоту, аргону, гелію) вуглецевим (Нп-30, Нп-40), легованим (Нп-30ХГСА, Нп-65Г) або високолегованим (Нп-30ХН13, Нп-40ХН13) дротом діаметром 1,2–1,8 мм. Інколи застосовують порошковий електрод (ППАН-122, ППАН-125) діаметром 2,6–3,2 мм.

Може застосовуватися також газоподуменеве та плазмове напалення чи напалвлення, залізнення у ванні або натирання, під час варення сталльної стрічки. У разі відновлення посадочних поверхонь гладеньких валів приварюванням сталльної стрічки їх спочатку шліфують, а потім приварюють стрічку і знову шліфують до розміру за кресленням.

Напалвлені вали нормалізують на установці СВЧ за температури 880–920 °С, потім охолоджують на повітрі. Нормалізація поліпшує мікроструктуру металу, знижує його міцність до 250НВ і внутрішні напруження та поліпшує оброблюваність лезовим інструментом.

Виконують токарну і фрезерну механічну обробку. Після цього здійснюють загартування поверхонь на установці СВЧ, правку на пресі, шліфування, слюсарну обробку, очищення, консервацію.

Для підвищення міцності поверхневого шару і збільшення ресурсу деталі доцільно застосовувати такі методи зміцнювальної технології, як алмазне вигладжування, обкатування кульками віброобробування, лазерне зміцнення.

Пошкодження нарізки в окремих випадках може бути усунено також:

- прогонкою її плашкою (мітчиком);
- обточуванням (розсвердленням) зношеної нарізки з наступним нарізанням нарізки ремонтного розміру;
- вібродуговим напалвленням без подачі охолоджувальної рідини, обточуванням та нарізанням нарізки розміру за креслеником.

Шпонковий паз можна відновити фрезеруванням під збільшений ремонтний розмір та виготовленням ступінчастої шпонки; фрезеруванням паза нормального розміру на новому місці.

Вали шліцьові (підклас 01.2). Особливістю шліцьових валів є наявність однієї (до 70% деталей) або кількох зовнішніх шліцьових поверхонь.

Крім шліців, ці деталі мають 1-5 циліндричних поверхонь, 50% деталей мають нарізні поверхні.

Довжина деталей змінюється у значних межах, але 60% деталей мають довжину до 500 мм, найбільший діаметр 80% деталей не перевищує 100 мм.

Шліцьова частина завдовжки переважно до 100 мм, а діаметром у межах 30–40 або 50–60 мм. Ширина шліців 6–14 мм.

До 60% шліцьових валів виготовлені з легованих сталей (40Х, 38ХС, 18ХГТ, 20ХНР тощо), решта — з вуглецевих якісних сталей 45, 40, 35.

Вимоги до міцності шліцьових поверхонь знаходяться в межах $38 \leq \text{HRC} \leq 52$.

Дефекти деталей підкласу «Вали шліцьові» зображено на рис. 4.4.

Контроль зносу шліцьових поверхонь проводять мікрометром (0,01 мм) та штангенциркулем (0,05 мм або 0,1 мм).

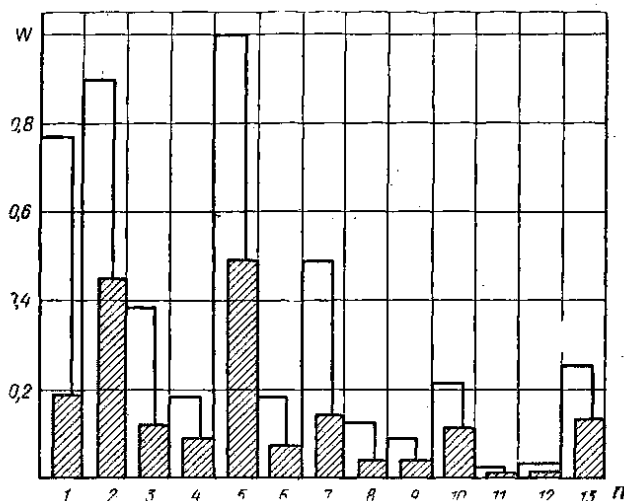


Рис.4.4. Характеристика дефектів деталей підкласу «Вали шліцьові»:

n — назва дефектів; W — середня повторюваність дефектів;

- 1 — згин деталі; 2 — зношування поверхні під вальниці кочення, 3 — зношування поверхні під сальники, манжети; 4 — зношування поверхонь нерухомих спряжень; 5, 6 — зношування шліців відповідно за товщиною і на конус; 7 — зношування зовнішньої нарізки; 8 — зношування, пошкодження нарізних отворів; 9 — зношування осьових отворів; 10 — зношування, пошкодження зубів шестерень; 11 — зношування внутрішніх поверхонь під вальниці; 12 — зношування осьових нарізних отворів; 13 — зношування внутрішніх шліців

З ремонтного фонду деталей 35–75% матимуть знос шліців за товщиною, 15–65% — на конус і практично кожна деталь буде з дефектами циліндричних поверхонь.

Допустимі зноси шліцьових поверхонь за товщиною знаходяться в межах 0,05–2 мм, за середнього значення 0,55 мм. Знос понад 1 мм матимуть шліці не більше 10% деталей. Знос шліців за зовнішнім діаметром становить 0,1–0,2 мм.

Технологічний маршрут усунення дефектів включає: миття, дефектацію, виправлення центрових отворів, правку, наплавлення (шліців, посадочних місць, нарізки, шпонкових пазів), нормалізацію

СВЧ, правку, механічну обробку, загартування СВЧ з відпуском у печі, шліфування (посадочних місць, шліців за зовнішнім діаметром), слюсарну обробку, миття, контроль, консервацію.

Шліцьові поверхні відновлюють наплавленням, приварюванням присадного матеріалу з наступним осадженням і пластичним деформуванням шліців.

Компенсація зношеного шару шліців механізованим наплавленням здійснюється дротом Нп-30ХГСА або Нп-65Г під шаром флюсу (АН-60, АН-348А), у середовищі вуглекислого газу. Наплавлення може проводитись вздовж гвинтовій лінії або вздовж бокової поверхні шліців. Після обточування шліци фрезерують на шліцефрезерному верстаті. У ХНТУСГ розроблений спосіб, за яким вал за установочними отворами орієнтують на шліци на фрезерному верстаті так, що зрізання наплавленого шару металу відбувається з робочої поверхні шліца на величину, яка перевищує величину зносу. За цього методу обробки у спряженні працюють шліци поверхнею основного металу вала.

Приварювання пластин на попередньо проточену поверхню шліців проводиться віброконтактним способом з одночасним осадженням зварювальними роликками та роздаванням шліців за шириною. Після цього виконують точіння за зовнішнім діаметром та шліфування бокових поверхонь вздовж твірної. За цього способу невисоке нагрівання деталі хоча і зменшує короблення, але нерівномірні і великі зноси важко усунути.

Компенсація зносу шліців пластичним деформуванням проводиться шляхом роздавання холодним способом шліців конусними роликками (HRC_e 54–56) з проштовхуванням вала гідравлічним пресом через спеціальну головку. Перед роздаванням проводиться нормалізація вала (нагрівання до 800–850 °С з охолодженням на повітрі). Канавку, яка утворилася після роздавання, заплавляють, шліци калібрують або шліфують за зовнішнім діаметром та боковими поверхнями. Спосіб ефективний у разі зносів шліців за товщиною не більше 0,7 мм.

Колінчасті вали (підклас 01.3). Особливості ремонту (відновлення) колінчастих валів полягають в усуненні дефектів на ексцентрично розміщених поверхнях (шатунних і корінних шийках), виконаних з високою точністю.

Виготовляють колінчасті вали переважно зі сталі (45, 50, 50Г) або високоміцного чавуну. Твердість поверхонь шийок HRC_e 45–62.

Колінчасті вали можуть мати такі дефекти: знос корінних та шатунних шийок; тріщини, обломи; згин вала; биття торцевої поверхні фланця; знос шийки під шестерню і маточину шківів; знос

шпонкової канавки за шириною; знос отвору під болти кріплення маховика.

Під час шліфування корінних шийок вал установлюють у центрах, фланцем до задньої бабки. Під час проточування центрових отворів базовими є шийки під шестірню та зовнішній діаметр фланця.

Технологічний маршрут: заварювання шпонкового паза; наплавлення шийок конічних поверхонь під шків, передню протизаги і шестірню; проточування центрових отворів і наплавлених поверхонь; шліфування корінних і шатунних, шийок, наплавлених поверхонь; перевірка наявності тріщин на шийках; розточування отвору під втулку, запресовування втулки; фрезерування шпонкових пазів, закруглення фаски та кромки масляних каналів; полірування корінних і шатунних шийок; розвертання отворів під штифт, запресування штифта; балансування колінчастого вала.

Усунення дефектів на корінних і шатунних шийках здійснюється шляхом перешліфовування їх під один з ремонтних розмірів (розмір для різних двигунів зменшують на 0,25; 0,50; 0,75; 1,0; 1,5 мм). Шліфують шийки на круглошліфувальному верстаті типу ЗА432 шліфувальним крутом 14А40-ПСМ27К5 35 м/с 1 кл за режимів: швидкість обертання круга — 35 м/с, деталі — 15–25 м/хв, поперечна подача круга — 0,02–0,03 мм. Під час шліфування слід витримувати радіус галтелей і не збільшувати довжину шатунних шийок. Спочатку шліфують шатунні шийки, для чого вал установлюють у центрозміщувачі, які забезпечують відповідність радіуса кривошипа. Шліфування починають від першої шийки.

Для одержання потрібної шорсткості поверхні шийки піддають суперфінішуванню або поліруванню.

Шийки валів, які вийшли за межі останнього ремонтного розміру, нарощують за одним із таких варіантів технологічних процесів:

- наплавлення дротом Нп-30ХГСА під флюсом АН-348-А, нормалізація, проточування шийок, загартування СВЧ, шліфування і полірування;

- наплавлення дротом Нп-80, високотемпературний відпуск, проточування шийок, загартування СВЧ, шліфування і полірування;

- наплавлення шийок пружинним дротом другого класу із вмістом 0,7–0,8% вуглецю під легуючим флюсом (флюс АН-348-А-95,5%, порошковий графіт — 2,5, ферохром порошковий — 2%), попереднє і завершальне шліфування та полірування шийок.

Вали, виготовлені зі сталі 50Г з високим вмістом вуглецю (ЯМЗ-236, ЯМЗ-238, ЯМЗ-240), важко піддаються наплавленню під флюсом через утворення тріщин. Тому для таких валів частіше застосовують плазмово-дугову або газову металізацію.

Розроблена технологія наплавлення чавунних колінчастих валів з автономною термічною обробкою наплавлених галтелей дротом Св-0,8Г2С у середовищі $\text{CO}_2 + 35\% \text{ O}_2$ (після наплавлення галтелей проводять об'ємне відпалювання другого роду). Потім нарощують шийку вала стійким проти зношування матеріалом і проводять механічне деформування металу на межах діляниць, наплавлених різним способом.

У розподільних валах (підклас 01.4.) треба відновлювати профіль кулачків. Виготовляють розподільні вали з вуглецевих якісних сталей (типу сталі 45) або чавуну.

Способи відновлення:

- обробка під ремонтний розмір за копіювачем для одержання профілю кулачка еквідистантного відносно профілю нового кулачка. При цьому забезпечується те саме піднімання клапана, але змінюється закон його руху;

- нарощування кулачка різними способами наплавлення — вібродуговим, електродуговим у середовищі вуглекислого газу або аргону, лазерним або плазмовим наплавленням;

- нарощування кулачків металізацією, хромуванням, електроконтактним напіканням порошків.

Обробляють кулачки за три етапи:

- попереднє (обдирне) шліфування крутами ПП600Х30524А 40-П СМ1-СМ-2 6К5 на режимі: радіальна подача 0,05 мм/об, швидкість обертання вала — 30 м/хв, круга — 40 м/с;

- завершальне шліфування крутами ПП600Х 40х305 24А 25-П СМ1-СМ2 5К8 на режимі: радіальна подача 0,005 мм/об, швидкість обертання круга — 35 м/с. Припуск на наступне полірування має становити 0,005 мм;

- полірування кулачків шліфувальними шкурками на тканинній основі зернистістю 8–4 на токарних або шліфувальних верстатах із застосуванням вібраційно-стрічково-полірувальної головки (ВСПГ). Полірування проводять повстяними або фетровими крутами із використанням пасти ГОІ або алмазного вигладжування.

Шорсткість кулачків має становити Ra 0,5–0,32 мкм.

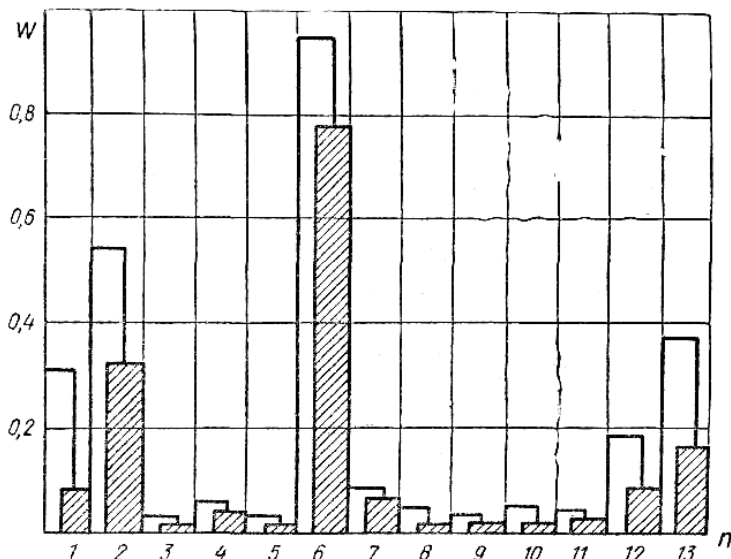
4.3. Ремонт деталей «Циліндри порожнисті»

Стакани, маточини, втулки (підклас 02.1) являють собою тіла обертання з довжиною, меншою діаметрального розміру, і циліндричними зовнішніми і внутрішніми поверхнями, які є переважно посадочними місцями під вальницькі кочення.

Найбільший зовнішній діаметр більшості деталей становить 100–200 мм, а внутрішній — 35–150 мм. Діаметр торцевих отворів коливається у межах 8,5–25 мм, а 60% нарізних отворів — 6–10 мм.

Деталі цього підкласу виготовляють із сірого (СЧ18-36, СЧ21-40, СЧ28-40) та ковкого чавуну (КЧ33-8, КЧ35-10), із якісної сталі.

Дефекти деталей цього підкласу зображені на рис. 4.5.



**Рис.4.5. Характеристика дефектів деталей підкласу
«Стакани, маточини, втулки»:**

n — назва дефектів; W — середня повторюваність дефектів; 1 — тріщини, зломи; 2 — зношування зовнішніх циліндричних поверхонь; 3 — зношування зовнішніх шліців; 4 — пошкодження зовнішньої нарізки; 5, 6 — зношування відповідно цапф і внутрішніх циліндричних поверхонь; 7 — зношування торцевих плоских і ступінчастих поверхонь; 8 — зношування внутрішніх шліців; 9 — зношування конічних і сферичних внутрішніх поверхонь; 10, 11, 12, 13 — зношування відповідно внутрішньої нарізки, шпонкових канавок, торцевих і нарізних отворів

Контролюють знос поверхонь індикаторними нутромірами (0,01 мм) і мікрометрами (0,01 мм).

Допустимі зноси зовнішніх циліндричних поверхонь знаходяться у межах 0,01–0,54, а внутрішніх 0,01–0,29 мм.

Під час обробки деталей підкласу має забезпечуватися концентричність зовнішніх поверхонь відносно отвору та перпендикулярність торців до осі отвору.

Це вирішується трьома способами:

- обробкою зовнішніх поверхонь, отворів і торцевих поверхонь за одне встановлення;
- обробкою всіх поверхонь за два встановлення та за дві операції з базуванням під час остаточної обробки отвору за зовнішнім діаметром;
- обробкою всіх поверхонь за два встановлення або дві операції з базуванням під час остаточної обробки зовнішньої поверхні за отвором.

Технологічний маршрут. Тріщини і обломи, які не виходять на поверхню, що обробляється, усувають електродуговим зварюванням.

Знос внутрішніх поверхонь усувають установленням вкрутних кілець, залізненням, установленням ремонтної втулки на клею, вібродуговим наплавленням.

Зовнішні циліндричні поверхні нарощують залізненням або наплавленням.

Нарізні отвори відновлюють нарізанням ремонтної нарізки або встановленням вкруток з наступним нарізанням нарізки за робочим кресленням.

Шпонкові канавки заплавляють та протягують.

Гільзи циліндрів (підклас 02.2) двигунів сільськогосподарської техніки мають внутрішній діаметр 100–150 мм, довжину 200–400 мм, зовнішній діаметр 125–180 мм.

Виготовляються із сірого (СЧ18-36, СЧ22-44) або спеціального чавуну. Гільзи циліндрів 3ІЛ, 3МЗ мають у верхній частині вставні гільзи. Твердість внутрішньої поверхні HRC_e 40–50.

До дефектів гільз циліндрів належать: знос або задири внутрішньої робочої поверхні; знос поверхні опорного бурта, верхнього та нижнього посадочного пояса. Величина допустимих зносів відповідно становить 0,3–0,5, 0,1–0,8 і 0,05–0,07 мм. Можуть бути також кавітаційні та корозійні пошкодження зовнішньої поверхні.

Технологічною базою під час центрування гільзи циліндрів є верхня незношена частина внутрішньої поверхні гільзи. Гільзу затискають вздовж її зовнішньої поверхні у спеціальному пристрої і центрують.

Технологічний маршрут усунення дефектів передбачає очищення, миття, дефектацію, усунення кавітаційних пошкоджень, нанесення компенсаційного шару на посадочні пояски, розточування та хонінгування внутрішньої поверхні гільз, підрізання бурта, чистове хонінгування, контроль.

Очищення зовнішньої поверхні виконується металічною щіткою, на токарному верстаті, піскоструминною обробкою та кісточною накривкою.

Кавітаційні пошкодження поверхонь гільз усувають епоксидним клеєм, контактним приварюванням сталльної стрічки.

Нижній та верхній посадочні пояски відновлюють зализненням з наступною обробкою під розмір робочого креслення. Під час відновлення приварюванням сталльної стрічки пояски обточують або шліфують до діаметра, меншого за номінальний на 0,5 мм, приварюють стрічку з маловуглецевої сталі і шліфують під розмір робочого креслення.

Внутрішні поверхні гільз циліндрів розточують під один з ремонтних розмірів, якщо вони передбачені, збільшених на 0,7 мм (автомобільні двигуни 0,5; 1,0; 1,5 мм). Розточування здійснюється на алмазно-розточувальних верстатах різцями з пластинами з твердого сплаву ВК-6, ВК-2 або синтетичного матеріалу ельбору-Р.

Хонінгування гільз проводять на вертикально-хонінгувальних верстатах із застосуванням мастильно-охолоджувальної рідини ОСМ-1. Попереднє (чорнове) хонінгування ведуть брусками АКС 250/200-ММ00 К310СПК або алмазними брусками АС6МІ за режиму: колова швидкість 60–80 м/хв, зворотно-поступальна швидкість 15–25 м/хв, тиск на бруски 0,8–1,5 МПа, припуск на хонінгування 0,05 мм. Завершальне хонінгування виконують брусками АСО80/63-Р11Р9-50, К3М20СМЩ, алмазними брусками АСМ20МІ.

Для компенсації зношеного шару внутрішньої поверхні гільз, які вийшли за межі ремонтних розмірів або для яких не передбачені ремонтні розміри, розроблено декілька способів. Спосіб термоосадження полягає у тому, що шляхом безперервного нагрівання до 840–880 °С СВЧ та надання гільзі зворотно-поступального та обертального рухів з одночасним внутрішнім охолодженням водою внутрішній діаметр зменшується. Після температурного формозмінення гільза підлягає механічній обробці.

Спосіб контактної приварювання сталльної стрічки здійснюється на установці 011-1-06 за сили струму 5,7кА, зусиллі притискання електродів 1,7–1,9 кН, подачі зварювальної головки 8–10 м/год.

Заслуговує на увагу відновлення внутрішньої поверхні гільз циліндрів сумісним процесом розточування і поверхневого пластичного деформування

На кафедрі ремонту машин ХНТУСГ розроблено, виготовлено і випробувано оснастку для реалізації сумісним процесом розточування і ППД внутрішньої поверхні циліндрів двигунів Д-144. Розро-

блено спеціальний шпиндель, комбіновану головку і пристрій для закріплення циліндрів.

Оптимальні режими процесу: швидкість розточування і ППД 395,64м/хв (1200 хв¹), подача – 0,05 мм/об, зусилля – ППД 2,5МПа, припуск на ППД – 0,02–0,04 мм.

Розроблена оснастка і вибрані режими дозволяють підвищити продуктивність процесу в 7–8 разів і зменшити знос циліндрів за рахунок зміцнення поверхневого шару в 1,5 рази порівняно з циліндрами, відновленими розточуванням з подальшим хонінгуванням.

4.4. Ремонт деталей «Диски»

Диски, маховики, шків, (підклас 03.1.) являють собою тіла обертання з діаметральними розмірами, які перевищують довжину деталі і потребують відновлення зовнішніх, внутрішніх та торцевих поверхонь, а також балансування.

Зовнішній діаметр деталей цього підкласу знаходиться в межах 100–520 мм. Найбільша кількість деталей мають діаметр 200 мм. Зовнішні відновлювані елементи деталей можуть мати діаметр до 500 мм. Осьові отвори діаметром до 200 мм, а отвори на торцях від 5 до 30 мм. 20% деталей мають масу понад 24 кг, тому робочі місця слід оснащувати підйнятно-транспортним обладнанням.

Виготовлені деталі із сірого чавуну (до 50% найменувань деталей це СЧ18-36) та 30% з вуглецевої сталі звичайної якості.

Дефекти деталей зображено на рис. 4.6.

Для контролю зносів застосовують індикаторні нутроміри – 0,01 мм, штангенциркулі – 0,05–0,1 мм, лінійку та набір щупів.

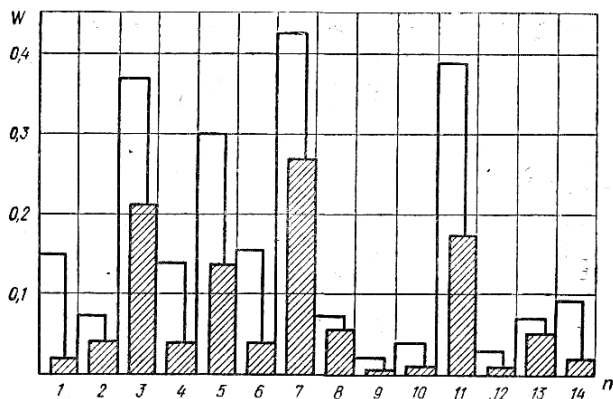
Коефіцієнти повторюваності дефектів за спрацюванням зовнішніх, торцевих робочих, внутрішніх циліндричних, торцевих отворів, шпонкових канавок знаходяться у межах 0,6–1,0.

Величина допустимих зносів внутрішніх циліндричних поверхонь 0,05–0,50 мм, у тому числі 80% зі спрацюванням до 0,2 мм.

Вибираючи спосіб відновлення зовнішніх циліндричних поверхонь, слід мати на увазі, що зовнішні циліндричні поверхні мають знос до 1 мм і 50% від 1 до 6 мм.

Допустимий знос, жолоблення, биття торцевих поверхонь 0,2–2,5 мм, з них 50% до 1 мм.

Технологічними базами під час обробки є поверхня, на якій не нарощувався шар металу. Це може бути внутрішня або зовнішня циліндрична поверхня і торець.



**Рис. 4.6. Характеристика дефектів деталей підкласу
«Диски, маховики, шків»:**

1 — тріщини, зломи; 2 — незбалансованість; 3, 4, 5 — зношування відповідно торцевої робочої поверхні, конічних поверхонь, торцевих отворів; 6 — зношування, пошкодження нарізки; 7 — зношування циліндричних зовнішніх поверхонь; 8 — зношування шипів і пазів; 9 — зношування, пошкодження зубчастих вінців; 10 — зношування зовнішніх шліців; 11, 12 — зношування внутрішніх відповідно циліндричних і конічних поверхонь; 13 — зношування шпонкових канавок; 14 — пошкодження внутрішніх шліців

Якщо компенсація зношеного шару здійснювалася на всіх поверхнях, то на першій операції базуються на необробленій зовнішній циліндричній поверхні, на подальших — на обробленому отворі і торці.

Технологічний маршрут відновлення шківів Розточують поверхню отвору (токарно-гвинторізний верстат); заварюють тріщини, наплавляють обломи, шпонковий паз, поверхню отвору дротом ПАНЧ-11; на токарно-гвинторізному верстаті зачищають наплавлений метал, знімають фаску, розточують отвір; обточують робочі поверхні до виведення слідів зношування; виготовляють шпонковий паз на довбальному верстаті, балансують шків на балансувальному стенді (для забезпечення балансування видаляють метал свердлом Ø15 мм).

Опорні котки, напрямні колеса, підтримувальні ролики (підклас 03.2) мають великі (до 10 мм) зноси зовнішніх циліндричних поверхонь. Для компенсації їх металу розроблено низку способів, що забезпечують високу продуктивність: заливання рідким металом, бандажування, електрошлакове наплавлення.

Заливання рідким металом. Коток нагрівають у шахтній печі до 500° і витримують одну годину. Зачищають зовнішню поверхню, покривають лаком (КФ965) і наносять шлак (АНШ-200). Нагрівають в індукторі до 950–1150 °С, поміщають у ливарну форму і заливають розплавленим металом. Твердість металопокриття НВ 320-390. Механічна обробка не потрібна. Стійкість ободу на рівні нового.

Бандажування — найпростіший спосіб; який можна виконувати навіть у малих майстернях. Виготовлене зі сталеної штаби кільце на-пресовують на попередньо проточену поверхню ободу і з торців при-варюють електродуговим зварюванням. Ресурс майже 60% нових.

Електрошлакове наплавлення ободу колеса полягає у викори-станні тепла, яке виділяється при проходженні електричного стру-му від електрода до ободу через розплавлений шлак. Під дією цієї теплоти плавиться електродний дріт і оплавляє обід.

Тріщини на спицях заварюють електродом ОММ-51 діамет-ром 4–5 мм, попередньо знявши фаски 4×45°.

Після обробки напрямних коліс биття поверхні отвору мато-чини відносно торцевих поверхонь не більше 0,25 мм, зовнішньої поверхні осі отвору маточини не більше 2 мм.

4.5. Ремонт деталей класу «Дрібні деталі»

Ремонт деталей цього класу може бути розглянутий на прик-ладі підкласу *поршневі пальці (04.1)*. Поршневі пальці тракторних двигунів виготовляють із цементуючої сталі марки 12ХНЗА. Основ-ний дефект поршневих пальців — знос за зовнішньою поверхнею на ділянках контакту з втулкою верхньої головки шатуну і отворами у поршні.

Відновлюють зовнішній діаметр зношених пальців хромуван-ням, роздаванням гідродинамічним і пуансоном, роздаванні гаря-чому стані.

Недолік хромування — висока трудомісткість. Під час розда-вання пуансоном на зовнішній поверхні пальців виникають тріщи-ни. Одним з основних недоліків роздавання є висока нерівномір-ність припуску на обробку, утруднене забезпечення структури це-ментуючого шару.

Гідродинамічне роздавання виконують у такій послідовності. Поршковий палець вставляють в індуктор і нагрівають СВЧ до 780–830 °С протягом 20–25 с. Затискають палець в установці для розда-вання і пропускають через внутрішню порожнину пальця охоло-джувальну рідину під тиском 0,4–0,5 МПа протягом 14–16 с. Потім палець повністю охолоджують водопровідною водою.

Під час гідродинамічного роздавання збільшується діаметр і довжина пальця, тому необхідно шліфувати пальці до номінального розміру за довжиною і діаметром

Для роздавання пальців з наступною термічною обробкою в отвори пальців засипають сухий пісок, змащують отвори вогнетривкою замазкою (65% вогнетривкої глини, 30 піску і 5% азбестового дрібняка замішують на воді з невеликою добавкою рідкого скла). Підготовлені пальці кладуть у металевий ящик, наповнений сумішшю із 85–90% березового вугілля та 10–15% кальцинованої соди. Ящик нагрівають до 920–940 °С і витримують за цієї температури протягом 6– 7 с. Оброблені пальці вставляють у пристрій і за допомогою пуансона роздають на 0,4–0,5 мм. Потім гартують у воді або маслі за 740–820 °С, відпускають за 200–220 °С і шліфують.

Клапани. Дефекти клапанів і способи їх усунення наведено у табл. 4.3.

Таблица 4.3

Дефекти клапанів і способи їх усунення

Дефекти	Способи усунення
Знос посадочного конуса головки клапана	Наплавити СВЧ порошком ПГ-СР2 на пропані. Допускаються зачищення і електроконтактне напикання порошком ПГ-СР2 з подальшим шліфуванням
Знос стрижня	Залізнення відповідно до типового технологічного процесу. Допускається хромування з наступним шліфуванням
Непрямолінійність, овальність і конусність стрижня клапана	Правка, шліфування, залізнення відповідно до типового технологічного процесу. Допускається правка, шліфування, хромування з подальшим шліфуванням
Знос торця стрижня клапана	Наплавлення СВЧ порошком ПГ-СР2 на пропані. Допускається шліфування, залізнення, шліфування
Биття головки відносно стрижня	Те саме. Допускається електроконтактне напикання порошком ПГ-СР2 з подальшим шліфуванням

Клапани бракують у випадку сколів і тріщин тарілок.

Валики, осі являють собою тіла обертання, у яких довжина менше 100 мм, діаметр менше 40 мм (осі шестерень, штовхачів, валики водяних насосів тощо).

Основним їх дефектом є знос зовнішніх циліндричних поверхонь.

Технологічний маршрут. Компенсація зношеного шару металу гальванічним покриттям (хромуванням або залізненням), шліфування поверхонь під розмір за робочим кресленням.

Шпонкові канавки, нарізні поверхні, лиски ремонтують методами, розглянутими вище.

4.6 Ремонт шестерень

Шестерні (підклас 05.1) машин працюють в умовах згинаючих та контактних напружень, а тому до них ставляться високі вимоги щодо стійкості до зношування (твердість зубів HRC_e 56–63).

Зношування зубів шестерень КП становить 1,5–2,5 мм. Коефіцієнт відновлення цих шестерень — 0,35–0,7.

Існують такі способи відновлення шестерень: гаряче об'ємне штампування, наплавлення торців зубів та ротаційне пластичне деформування.

Під час гарячого об'ємного штампування шестерні відновлюють у закритому зубчастому штампі шляхом пластичного переміщення нагрітого металу з неробочих ділянок на зношені. У випадку недостатнього запасу металу спочатку шестерні наплавляють на неробочій поверхні з таким розрахунком, щоб наплавленим металом можна було перемістити на зношені ділянки основний метал.

Шестірню, яка потребує відновлення, вставляють у матрицю. Пуансон, рухаючись вниз, переміщує метал до зношених зубів з напуском для подальшої механічної обробки. Зношені торці зубів формуються в матриці вставлянням пуансона. Після закінчення гарячого штампування шестірня виштовхується зі штампа штовхачем. Для штампування застосовують гідравлічні преси із зусиллям 4000–6300 кН. Після механічної обробки шестерні піддають хіміко-термічній обробці для забезпечення необхідної глибини цементації і твердості поверхні.

Цей спосіб застосовують тільки для відновлення одновінцевих циліндричних шестерень, що становить 10–15% загального обсягу ремонтного фонду і тому стримує його впровадження у виробництво.

Шестерні з непостійним зчепленням відновлюють так. Наплавляють торцеві зуби, вдавлюють у гарячому стані наплавлений метал у зубчастий вінець за допомогою обтискання зусиллям 1600 кН. Припуск за товщиною зубів дає можливість проводити механічну та термічну обробку шестерень одно- і багатовінцевих.

Виробнича перевірка технологічного процесу відновлення шестерень на потоково-механізованій лінії показала, що зчеплення наплавленого металу з основним добре, пор, раковин і тріщин немає (HRC_e 28–32).

Торці зубів шестірні наплавляють на установці У-653 дротом 2Нп-30ХГСА під шаром флюсу АН-348А з попереднім нагріванням до температури 200–250°C. Режим наплавлення: сила зварювально-

го струму 180–220 А, напруга 24–28 В, швидкість подачі дроту 1,02–1,35 м/хв, швидкість наплавлення 0,16–0,21 м/хв, нагрівання до 1150–1200 °С з витримкою 45–60 с і обтискання зубчастого вінця (установка СВЧ, прес). Нормалізують у електропечі. При цьому нагрівають шестірню до 900–950 °С і поступово охолоджують (45–60 с) в електропечі за 200–250 °С. Прошивають шліцьовий отвір і проточують шестірню на периферії зубчастого вінця різцем Т15К6 (швидкість прошивання — 0,5 м/хв). Нарізають на зубофрезерному напівавтоматі зуби шестірні. Закруглюють зуби шестірні на напівавтоматі 5Н580. Шевінгують зуби шестірні на напівавтоматі 5702В за допомогою пристрою. Загартовують зуби на установці СВЧ. Температура нагрівання 900–920 °С з витримкою 45 с і охолодженням у маслі з подальшим відпуском за 160–200 °С і з охолодженням на повітрі. Проводять дробоструминну обробку. Прошивають шліцьовий отвір. Потім контролюють за допомогою міжцентроміра відстань і заміряють твердість поверхні.

Зірочки (підклас 05.2). Найінтенсивніше зношуються у них зуби і посадочні отвори. Знос зубів вимірюють за початковим обводом зубоміром або спеціальними шаблонами.

У випадку однобічного зносу зубів зірочки переставляють так, щоб робочими поверхнями зубів стали незношені їх частини. Стальну зірочку зі зношеними зубами відновлюють встановленням нового зубчастого вінця. Для цього зношені зуби сточують на токарному верстаті, а на диск напресовують сталевий вінець, заварюють місце стику електродуговим способом і фрезерують зуби. Зношені зуби сталеві зірочки відновлюють наплавленням електродуговим способом з подальшою механічною обробкою. Чавунні зірочки відновлюють наплавленням зубів газовим полум'ям чавунними дротами марки А. Наплавлення ведуть у спеціальній формі, виготовленій з вогнетривкої глини та подрібненої шамотної цегли. Профіль зубів зірочки у формі одержують відтисканням у сирій керамічній масі нової зірочки або спеціальним шаблоном. Перед наплавленням зубів зірочку закріплюють у сухій формі і разом з нею нагрівають до 600–700 °С. Наплавляють зуби до повного заповнення форми металом, після цього повільно охолоджують разом з формою до 25–40 °С. Профіль відновлених зубів контролюють шаблонами.

Зношені отвори у маточинах зірочок відновлюють встановленням втулок, а за незначного зносу — залізненням або хромуванням.

Технологія відновлення отворів у маточинах встановленням втулки така. Отвір розточують, запресовують втулку зі стінкою за товщиною не менше 3 мм і стопорять її штифтом. Втулку можна поставити в розточений отвір на клею ВС-10Т або епоксидній смолі.

4.7. Ремонт деталей підкласу «Важелі»

Шатуни (підклас 06.1) виготовляють зі сталі (40Р, 40, 40Х, 45Г2) твердістю НВ 217-269. Вони можуть мати такі дефекти: знос внутрішніх поверхонь верхньої та нижньої головок, а також опорних поверхонь під головки болтів; відхилення від паралельності поверхні нижньої і верхньої головок (скручування); перекошування осей отворів у одній площині (згин); відхилення міжцентрових відстаней. Скручені шатуни ремонту не підлягають.

Технологічний маршрут. Зношені втулки верхньої головки шатуна випресовують і замінюють новими. Нові втулки розточують на алмазно-розточувальних верстатах 2А78Н з універсальним шпинделем і спеціальним оснащенням, яке враховує конструкцію шатуна. З метою підвищення якості робочої поверхні втулки і надійності її посадки виконують імпульсне роликове розвальцювання. Припуск на обробку розвальцюванням становить 0,03–0,05 мм, шорсткість робочої поверхні після розвальцювання — не вище 0,32 мкм.

Зношування нижніх головок шатуна пов'язане зі зношуванням робочих поверхонь або деформацією головки. За незначних зносів (0,1 мм) для шатунів дизелів середньої потужності отвори відновлюють зніманням металу на накривці і шатуні у площині рознімання з наступним розточуванням і хонінгуванням отвору. Площини рознімання накривок і самих шатунів обробляють на плоскошліфувальному верстаті із застосуванням спеціального для кожної моделі шатуна оснащення.

Складені з накривками шатуни розточують на вертикальному алмазно-розточувальному верстаті. Хонінгують шатуни на хонінгувальних верстатах алмазними хонами на такому режимі: швидкість зворотно-поступального руху — 8–12 м/хв, частота обертання — 30–40 хв⁻¹, тиск притискання брусків — 0,3, 0,6 МПа, охолоджувальна рідина — суміш — 70% гасу і 30% веретенного або трансформаторного масла. За менших зносів нижньої головки шатуна шліфують тільки накривку, а за продовження діаметра отвору вздовж осі шатуна, пов'язаного з його деформацією, хонінгують нижню головку.

Під час ремонту не завжди приділяють увагу контролю якості опорних поверхонь нижньої головки шатуна (під головку шатунного болта). Але вона зношується і втрачається її площинність. Через це протягом нетривалої роботи дизеля послаблюється закручування шатунних болтів.

Площинність поверхонь під головку шатунного болта відновлюють зенкуванням за допомогою спеціальної торцевої фрези.

Міжцентрову відстань шатуна відновлюють асиметричним розточуванням втулки верхньої головки на токарно-гвинторізному ве-

рстаті 1К620 за допомогою пристрою. Згин шатунів усувають правкою їх на гвинтових або гідравлічних пресах з наступною термофіксацією шляхом нагрівання до 400–500 °С і витримуванням у печі протягом 2–3 год.

Відремонтовані шатуни обов'язково миють, зважують і сортують за масою, а для деяких дизелів — і за довжиною. Потім їх контролюють за такими параметрами: діаметр, овальність, конусність та шорсткість нижньої і верхньої головок; міжцентрова відстань; згин і скручування стрижня; маса шатуна у складі.

Тяги і важелі (підклас 06.2) являють собою переважно стрижні з однією або кількома головками, які мають гладенькі, конічні та нарізні отвори.

Довжина деталей коливається, в межах 50–550 мм, але найбільша кількість важелів має довжину близьку до 100 мм за середньої маси 1,2 кг і максимальної 5 кг. На одній деталі може бути до 4 відновлених отворів діаметрами від 8 до 50 мм.

Точність обробки за 7–10 квалітетами за шорсткості на рівні Ra 0,8–6,3.

Матеріал 80% деталей підкласу — вуглецева якісна сталь (45, 40, 45Л), а також легована (40Х, 45Х, 12ХН3А) і звичайної якості. Зустрічаються також важелі з ковкого чавуну (КЧ35–10). Твердість поверхонь більшості деталей НВ 170–217.

Ведучим дефектом деталей цього підкласу є знос гладеньких отворів (80% деталей). Згин або скручування відбувається у 20% деталей, знос внутрішніх шпонкових або шліцевих поверхонь — у 40%, а зовнішніх плоских, сферичних і фасонних поверхонь — у 27% деталей.

Допустимий знос отворів коливається в широких межах (0,12–2 мм), а торцевих поверхонь 0,18–3 мм.

Технологічними базами під час відновлення є торці бобишок (головок) і отвори, інколи допоміжні бази у вигляді фрезерованих площадок і центрових отворів.

Технологічний маршрут. Правку важелів і тяг проводять у холодному стані або місцевим нагріванням до 800 °С. Отвори важелів розвертають під збільшений розмір або відновлюють установленням втулки і розвертанням її під розмір за робочим кресленням. Торцевий знос компенсують установленням шайб або наплавленням електродами ОЗШ-2 і ЕНУ-2 з наступною термічною і механічною обробкою. Зношені шліцеві або шпонкові внутрішні поверхні заправляють, свердять, а потім протягують.

4.8. Ремонт деталей класу «Корпусні деталі»

Корпуси являють собою деталі коробчастої форми з наявністю базових площин і координованих з ними і між собою точних посадочних отворів.

Це корпуси редукторів, коробок передач, роздавальних коробок, задніх мостів тощо.

Деталі підкласу «Корпуси» (підклас 07.3) мають значні габаритні розміри — довжину до 1600 мм, ширину до 500 мм, висоту до 750 мм. Маса 50% перевищує 50 кг і досягає 233 кг.

Основними конструктивними елементами є отвори під вальниці у зовнішніх й інколи у внутрішніх стінках (окремі деталі мають більше 8 таких отворів). Діаметр цих отворів знаходиться в межах 50–298 мм, а довжина твірної — 10–30 мм. Виконуються вони з точністю не вище 7 квалітету і параметром шорсткості не більше Ra 40. Діаметр нарізних отворів коливається від 6 до 20 мм.

Корпусні деталі виготовляються із сірих (СЧ 15-32, СЧ 18-36, СЧ 21-40), ковких (КЧ95-0), високоміцних і спеціальних чавунів, а також (до 15%) з алюмінієвих сплавів (Al9, Al11).

Дефекти деталей підкласу «Корпуси» зображено на рис. 4.7.

Найбільший коефіцієнт повторюваності дефектів мають зноси посадочних поверхонь під вальниці і пошкодження нарізних отворів.

Допустимі зноси отворів змінюються від 0,01 до 0,23 мм, за середнього значення 0,072 мм, зноси отворів малого діаметра 0,03–1 мм.

Технологічні бази вибирають так, щоб встановлення здійснювалось по неспрацьованій обробленій плоскій поверхні. Часто використовують допоміжні бази у вигляді двох отворів.

Технологічний маршрут розглянемо на прикладі корпусу коробки передач.

Після миття, зачищення базової і бокової площин від прокладок і забоїв виявляють кінці тріщин. На відстані 6–10 мм від видимого кінця розсвердлюють отвори діаметром 3 мм, заварюють тріщини, наплавляють відколоті вушки і бобишки, зачищають зварні шви і перевіряють на герметичність. Висвердлюють зламани болти, розсвердлюють отвори з пошкодженою нарізною поверхнею, зенкують фаску, нарізують нарізку під спіральні вставки, вкручують спіральні вставки. Розточують отвори під вальниці первинного, вторинного і проміжного валів та вісь шестерень заднього ходу для встановлення втулок. Запресовують втулки у розточені отвори, розточують отвори у втулках під розмір за робочим кресленням за одне встановлення, витримавши міжцентрову відстань.

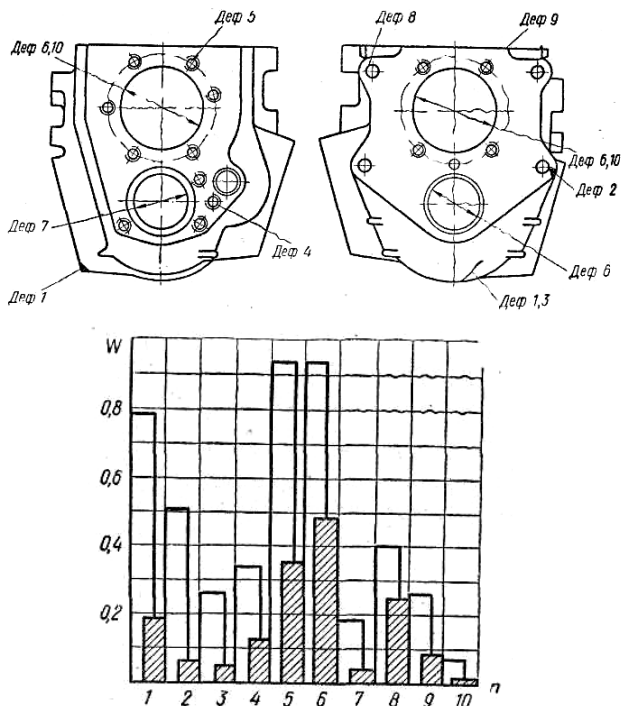


Рис. 4.7. Характеристика дефектів деталей підкласу «Корпуси»:

n — назва дефектів; W — середня повторюваність дефекту;

1, 2 — тріщини, які відповідно не виходять і виходять на оброблювану поверхню; 3 — пробоїни на необроблюваній поверхні; 4 — злом болтів або шпильок; 5 — пошкодження нарізних отворів; 6 — зношування посадочних отворів у внутрішніх стінках; 7, 8 — зношування отворів малого діаметра; 9 — неплоскість, непаралельність, неперпендикулярність плоских поверхонь; 10 — перекоси, непаралельність осей отворів

Посадочні поверхні під вальниці відновлюють у корпусних деталях також гальванічним покриттям (місцеве залізнення), встановленням вкрутних кілець, полімерними матеріалами, контактним приварюванням стрічки або порошку.

Усунення дефектів нарізних отворів може проводитися також заварюванням отворів з подальшим нарізанням нарізки, встановленням вкрутнів, нарізанням нарізки ремонтного розміру (збільшеного).

Для зароблювання тріщин застосовують також клейові композиції, фігурні вставки.

Під час механічної обробки корпусних деталей використовують радіально-свердильний верстат, горизонтально-розточувальний верстат, пневматичну зачисну машину.

Блоки циліндрів (підклас 07.1). Під час ремонту блока циліндрів потрібно забезпечувати правильне взаємне розміщення осей гнізд під вкладиші корінних вальниць, отворів втулок розподільного вала, отворів під гільзи і штовхачі, фланця під стартер та інших поверхонь.

Базують блок за нижньою площиною та двома установочними технологічними базами на ній.

Технологічний маршрут виконується у такій послідовності. Зароблюють тріщини одним з відомих способів. Обробляють технологічні базові отвори на нижній площині, витримавши відстань між ними і віссю корінних вальниць. Випресовують втулки розподільного вала і запресовують нові. Розсвердлюють отвори з пошкодженою нарізкою, зенкують фаски, нарізають нарізку і вкручують у неї спіральні нарізні вставки. Розточують виточки під упорні шайби колінчастого вала, гнізда під вкладиші ремонтного розміру, отвори у втулках під розподільний вал. Фрезерують поверхні під головки циліндрів. Розточують посадочні пояски під гільзи, запресовують металічні кільця з канавками під ущільнення на епоксидному клеї, зачищають напливи. Хонінгують гнізда під вкладиші корінних вальниць. Розвертають отвори під штовхачі. Прочищають масляні канали і промивають блок мийним розчином. Зачищають задири та гострі кромки, продувають всі канали, отвори і площини.

4.9. Ремонт деталей класу «Деталі просторові тонкостінні»

До основних несправностей виробів, виготовлених з тонколистової сталі (кришки, кожух вентилятора, бункери, обшивка кабіни і каркаса, облицювання комбайнів) належать: порушення з'єднань окремих листів у місцях контактного зварювання; пробоїни, тріщини і надриви у листах.

Шви контактного зварювання в разі обривів і листи з пробоїнами та надривами зварюють електрозаклепками. Цей спосіб полягає у тому, що між кінцем електрода і верхнім листом з'єднання збуджується зварювальна дуга, яка горить під шаром флюсу (АН-348А або ОСЦ-45). У верхньому листі інколи попередньо свердлять отвори, а якщо їх нема, то лист проплавають за допомогою зварювальної дуги. Як результат утворюється зварювальна ванна, в якій змішується розплавлений метал електрода і метал верхнього та нижнього листів. Після застигання утворюється лите ядро, яке забезпечує з'єднання листів. Щоб уникнути пропалювань у листах,

рекомендується застосовувати для відведення тепла охолоджувальні мідні пластини. Пробоїни, надриви і тріщини у листах заварюють газовим зварюванням, використовуючи ацетиленовий генератор і пальник з наконечником № 1. Нерівні краї пробоїни обрізають, вирізають латку із декопійованої сталі завтовшки 0,1–1,0 товщини основного листа і приварюють її точковим зварюванням. Зварювальні шви зачищають пневматичною шліфувальною машиною. Латка має щільно прилягати до поверхні та перекривати краї пробоїни або надриву на 25–30 см.

Для з'єднання тонколистових матеріалів застосовують також зварювання у середовищі вуглекислого газу апаратами А-547 або А-547-Р. Джерелом живлення є селеновий зварювальний випрямляч, розрахований на силу струму 150А і напругу 17-23В. Для зварювання у середовищі вуглекислого газу застосовуються електродні дроти СВ-08ГС, Св-08Г 2С, Св-10ГС та Св-18СА.

4.10. Ремонт деталей класу «Деталі площинні»

Вилки переключення передавачів (підклас 09.1) являють собою деталі з прямолінійною або кільцевою робочою поверхнею. Конструктивно вони можуть бути виконані із суцільними розрізними отворами або рейками круглого і прямокутного перерізів (рис. 4.8).

Деталі підкласу «Вилка перемикачів» мають порівняно невеликі габаритні розміри до 300 мм завдовжки і до 55 мм завширшки, а за наявності рейок — до 257 мм.

Довжина відновлюваних прямолінійних частин шпик вилок коливається в межах 25–47 мм, а товщина — до 9 мм. Ширина зівів вилок 30–130 мм.

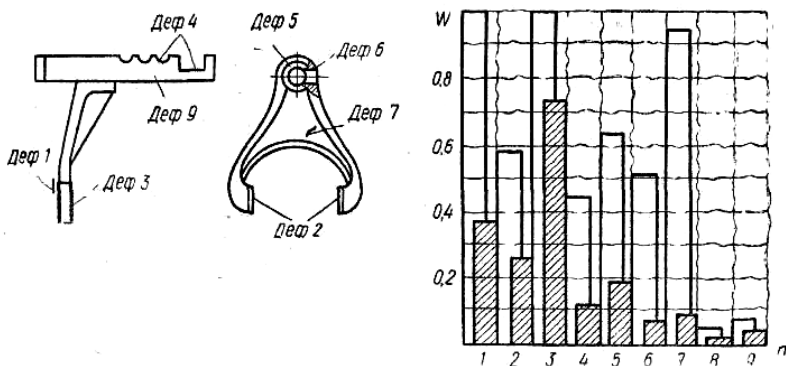
Отвори головок вилок можна обробляти на свердильних верстатах, оскільки їх діаметр становить 15–22 мм. Ширина пазів головок і рейок 14–18 мм. Маса деталей знаходиться в межах 0,3–2 кг.

Деталі цього підкласу виготовлені зі сталей 35, 45, 40Х, 45Х.

Твердість шпик деталей HRC_e 42–52, що потребує загартування з нагріванням СВЧ.

Дефектами деталей є згин вилки, знос зівів вилок за шириною і поверхні шпик за товщиною, пазів, отворів; тріщини, злами, знос зовнішніх циліндричних поверхонь; знос рейки.

Середні коефіцієнти повторюваності «знос шпик» і «згин вилки» становлять відповідно 0,7 і 0,4.



**Рис. 4.8. Характеристика дефектів деталей підкласу
«Вилки переключення»:**

n — назва дефектів; *W* — середня повторюваність дефекту;
1 — згин вилки; 2 — зношування зеву вилки за шириною; 3 — зношування поверхні щік за товщиною; 4, 5 — зношування пазів і отворів; 6 — зношування нарізних отворів; 7 — тріщини, зломи; 8, 9 — зношування зовнішніх циліндричних поверхонь і рейки

Величина допустимих зносів поверхонь щік за товщиною знаходиться в межах 0,1–2,2 мм, отворів 0,072–0,37 мм, пазів 0,46–1 мм. Допустимий згин вилок різних найменувань змінюється в межах 0,03–0,5 мм.

Технологічний маршрут. Бокові поверхні щік вилок, зігнуті понад 6,3–0,5 мм, правлять на плиті. Зношені бокові поверхні щік наплавляють, фрезерують або шліфують.

4.11. Ремонт деталей класу «Деталі профільні»

До цього класу належать переважно робочі органи сільськогосподарських машин — лемеші, лапи культиваторів, диски сошників і борін тощо.

Технологію усунення дефектів цих деталей розглянуто у розділі 7.

4.12. Ремонт деталей класу «Пружини, ресори»

Пружини (підклас 11.1). Під час роботи пружини втрачають пружність, осаджуються, зношуються їх торці.

Пружність, наприклад пружин клапанів, контролюють на приладі МІП-100-2, порівнюючи з технічними вимогами.

Пружини, пружність яких менша допустимої, відновлюють термічною фіксацією або накатуванням роликом.

Термічною фіксацією пружину відновлюють на установці ОРГ-26095, де її розтягують затискачами пристрою до необхідної довжини, пропускають через неї електричний струм, нагріваючи до 450–500 °С, і охолоджують на повітрі.

Другий спосіб відновлення такий. Пружину відпалюють, розтягують або стискають, загартовують за 820–840 °С і відпускають за 380–480 °С.

Ресори (підклас 11.2). У них погіршується пружність, з'являються тріщини і обломи, зношуються отвори, під втулки, торці вушок та листи за товщиною.

Ремонт ресор полягає у їх розбиранні незалежно від стану. Листи зі зменшеною товщиною, тріщинами або поламани, а також з дефектами торців вушок не ремонтують, а замінюють.

Листи ресор, що втратили форму і пружність, відпалюють, вигинають за шаблоном на рихтувальних стендах, гартують і відпускають за заданої температури.

Гартують ресору, виготовлену з марганцево-хромистої сталі таким чином. Нагрівають її до 830–850 °С, охолоджують у маслі, нагрітому до 60 °С і відпускають за 475–500 °С.

Якщо деформація листів незначна, то її усувають наклепуванням у холодному стані ударами бойка. Отвори під втулки відновлюють підгинанням вушок. Для цього їх нагрівають до 830–900 °С у спеціальних пристроях.

Відремонтвані листи ресор очищають і покривають мастилом. Після складання ресору перевіряють на пресі: за навантаження, вказаного в технічних умовах, стріла її прогину має дорівнювати 0.

РОЗДІЛ 5

ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РЕМОНТУ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН МАШИН

5.1. Види технологічних процесів і вихідна інформація

Для різних видів технологічних процесів ремонту виробів (тут і далі під виробом розуміють предмети ремонтного виробництва машини та їх складові частини — складанні одиниці, які підлягають ремонту, і деталі, які підлягають відновленню незалежно від того, чи надходять відновлені деталі на комплектування складаних одиниць на цьому підприємстві, чи є кінцевою продукцією спеціалізованого ремонтного підприємства по відновленню деталей), які застосовують у ремонтному виробництві, розробляються і оформляються відповідні комплекти технологічної документації, що складаються з окремих текстових і графічних документів. Склад, форма і зміст технологічних документів залежать від виду і призначення технологічного процесу і мають відповідати вимогам стандартів та іншої нормативно-технічної документації.

Технологічні процеси за організацією виробництва розподіляються на одиничні, типові та групові.

Одиничний технологічний процес належить до виробів одного найменування, типорозміру і виконання. Наприклад, технологічний процес розбирання коробки передач трактора типу Т-150 або двигуна ЯМЗ-238, відновлення поршневих пальців двигуна СМД-31 тощо.

Типовий технологічний процес розробляється на групи виробів із загальними конструктивними та технологічними ознаками. Для нього характерні спільність технологічного маршруту виконання операцій без переналагодження або з мінімальним переналагодженням обладнання. До таких процесів належать, наприклад, технологічні процеси відновлення груп гільз циліндрів дизельних двигунів кількох марок тракторів, опорних котків гусеничних тракторів тощо.

Типові технологічні процеси розробляють також на операції одного виду робіт: очищення та фарбування деталей і складаних одиниць, гальванічних покриттів тощо.

Груповий технологічний процес розробляють на відновлення групи деталей з різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками.

На ремонтних підприємствах зазвичай застосовують одиничні технологічні процеси ремонту виробів.

За ступенем деталізації опису технологічні процеси розподіляються (ГОСТ 3.1109-82) на такі:

- маршрутний опис технологічного процесу — скорочений опис всіх технологічних операцій у маршрутній карті у послідовності їх виконання без вказання переходів і технологічних режимів:

- операційний опис технологічного процесу — повний опис усіх технологічних операцій у послідовності їх виконання із вказанням переходів і технологічних режимів:

- маршрутно-операційний опис технологічного процесу — скорочений опис технологічних операцій у маршрутній карті у послідовності їх виконання з повним описом окремих операцій в інших технологічних документах.

Вихідна інформація для розробки технологічних процесів розподіляється на базову, керуючу і довідкову.

Базова інформація містить дані конструкторської документації підприємства-виготовлювача виробів (робочі кресленики, технічні умови, інструкції тощо), а також програму ремонтного підприємства з цього виробу.

Керуюча інформація являє собою дані, які містяться:

- у технічному завданні на розробку технологічного процесу;
- у стандартах усіх категорій та нормативно-технічній документації на дефектацію деталей і з'єднань, на технологічні процеси і методи керування ними, на обладнання і оснащення:

- у документації з техніки безпеки і промислової санітарії.

Номенклатура основної нормативно-технічної документації на ремонт сільськогосподарської техніки встановлена ГСТУ-058:2004, у якому передбачено такий склад документів:

- стандарти і технічні умови на здавання в капітальний ремонт і видавання з нього машин та їх складових частин, правила приймання, методи перевірки якості відремонтованих виробів, вимоги до маркування, упаковки, транспортування і зберігання, а також гарантії ремонтного підприємства;

- технічні вимоги на капітальний ремонт, які встановлюють вимоги до технології розбирання, очищення, дефектації, складання, регулювання, обкатування, випробування, а також вимоги, показники і норми, яким мають задовольняти вироби після ремонту:

- норми витрати матеріалів, метизів і запасних частин;

- номенклатура деталей (складаних одиниць), відновлення (ремонт) яких технічно можливе і економічно доцільне.

Довідкова інформація містить дані, взяті:

- з технологічної документації дослідних ремонтних підприємств;

- з опису прогресивних методів ремонту виробів (літературні джерела, періодичні видання тощо);
- з каталогів, довідників, альбомів прогресивних засобів технологічного оснащення;
- з матеріалів з вибору технологічних нормативів (режимів обробки, припуску, норм витрати матеріалів тощо);
- з методичних матеріалів з керування і розрахунків точності технологічних процесів;
- з планування виробничих ділянок ремонтного підприємства.

До довідкової інформації і рекомендацій, наприклад, належать одиничні технологічні процеси з різним ступенем деталізації опису, типові процеси на окремі види робіт, які виконують під час ремонту, а також деякі групові технологічні процеси, що розробляються і видаються проектно-технологічними організаціями. Ці процеси розроблені для певної програми ремонтного підприємства і містять загальні відомості, необхідні для ремонту виробу. Для конкретних підприємств такі технологічні процеси мають бути скориговані з урахуванням програми цього підприємства, наявного обладнання, оснащення, кваліфікації кадрів тощо.

5.2. Етапи розробки технологічних процесів

Єдина система технологічної документації (ЕСТД ГОСТ 3.1102-81) передбачає дві стадії розробки робочої технологічної документації, яку застосовують для технологічних процесів ремонту виробів та їх складових частин:

- розробку технологічної документації для дослідного ремонту і випробування виробів або їх складових частин з присвоєнням технічній документації літери РО;
- розробку технологічної документації для серійного ремонту і випробування виробів або їх складових частин з присвоєнням технологічній документації літери РА.

Основні етапи розробки робочих технологічних процесів для дрібносерійного і серійного ремонтного виробництва і завдання кожного етапу наведено у табл. 5.1.

Після виконання першого і другого етапів розробляють ремонтний кресленик деталі або схему розбирання (складання) виробу – (складанної одиниці):

Внаслідок виконання третього і четвертого етапів мають бути вибрані найдоцільніші для цих умов технологічні способи, засоби і маршрути відновлення деталей, а також складені плани операцій за цими маршрутами із зазначенням дефектів, для усунення яких планується кожна операція.

У плані операцій указують найменування операцій, спосіб відновлення деталі під час виконання операції, обладнання, пристрій, інструмент і зміст кожного переходу.

Рекомендовану форму для складання плану операцій наведено у табл. 5.2, яка для прикладу заповнена на одну операцію.

Таблиця 5.1

Основні етапи розробки технологічних процесів

Етапи розробки технологічних процесів	Завдання цього етапу
1. Аналіз вихідних даних для розробки технологічного процесу	Вивчення конструкторської документації на виріб, технічних вимог на дефектацію, відновлювану деталь або відремонтований вузол, агрегат, машину. Ознайомлення з плануванням відповідної виробничої ділянки на цьому ремонтному підприємстві. Підбір довідкової інформації
2. Пошук аналога діючого одиничного, типового (групового) технологічного процесу	Розгляд документації для одиничних, типових (групових) технологічних процесів, які відносяться до цього виробу
3. Складання технологічного маршруту відновлення деталі, розбирання (складання) вузла, агрегату, машини	Вибір технологічних способів, застосовуваних під час відновлення деталей, визначення (або уточнення) за технологічними процесами-аналогами послідовності технологічних операцій. Визначення (або уточнення) складу засобів технологічного оснащення
4. Розробка технологічних операцій	Розробка (або уточнення) послідовності переходів в операції. Вибір засобів технологічного оснащення операції (або їх уточнення). Встановлення вихідних даних для розрахунків і розрахунок припусків на обробку і оптимальних режимів обробки
5. Нормування технологічного процесу	Встановлення вихідних даних, необхідних для розрахунків норм часу і їх розрахунок. Визначення розряду робіт і обґрунтування професій виконавців для виконання операцій залежно від складності робіт
6. Розрахунок економічної ефективності варіантів технологічних процесів	Вибір оптимального варіанту робочого технологічного процесу
7. Оформлення робочих технологічних процесів	Заповнення форм технологічної документації відповідно до вимог стандартів ЕСТД і галузевої нормативно-технічної документації. Нормоконтроль технологічної документації (ГОСТ 3.1116-79 ЕСКД). Погодження і затвердження

Таблиця 5.2

План операцій відновлення деталі

Деталь: вал приводу ВВП

Позначення: 151.37-376-1

Маса: 1,95 кг

Дефект 5. Пошкодження нарізі M20×1,5-6

Номер операції	Найменування операції, спосіб відновлення деталі, обладнання, пристрої, інструмент	Номер переходу	Зміст переходу
Наплавлення			
005	Встановлення деталі у центрах. Зварювальний напівавтомат А-537У. Зварювальний перетворювач ПСГ-500. Балон СО ₂ 40-150 ДСТУ 3245-95. Наплавлювана установка (цехова). Шаблон 23 (цеховий).	1	Наплавити нарізну поверхню дротом 1,6 Нп-30ХГСА ДСТУ 3691-98 з діаметра 20 до діаметра 23 мм на довжині 20 мм

Після розрахунку норм часу з кожної операції (етап 5) розраховують економічну ефективність варіантів робочих технологічних процесів і вибирають оптимальний варіант (етап 6).

Після кінцевого вибору і уточнення варіанта технологічного процесу оформляють відповідну технологічну документацію (етап 7), передбачену стандартами ЕСТД і галузевою нормативно-технічною документацією.

5.3. Ремонтний кресленик і схема розбирання (складання)

Ремонтний кресленик деталі. До нормативно-технічної документації на ремонт належать ремонтні кресленики деталей (рис. 5.1).

Вони є робочими конструкторськими документами для організації ремонтного виробництва, які містять значний обсяг даних технологічного характеру.

Для розробки ремонтного кресленика деталі потрібен певний комплект вихідних документів і даних, до яких належать:

- робочий кресленик на виготовлення деталі;
- технічні вимоги на нову деталь;
- технічні вимоги на дефектацію деталі;

- дані про коефіцієнти повторюваності дефектів (за результатами статистичної обробки даних про повторюваність дефектів, отриманих у процесі дефектації вибірки деталей цього найменування) ;

- технічні вимоги на відновлювану деталь;

- технологічні способи усунення дефектів.

Основна вихідна інформація для розробки ремонтного креслення міститься у документах, розглянутих у п. 5.1.

Кресленики ремонтні оформляють за правилами, встановленими ДСТУ ГОСТ 2.604:2005 та ГСТУ 3-058:2004.

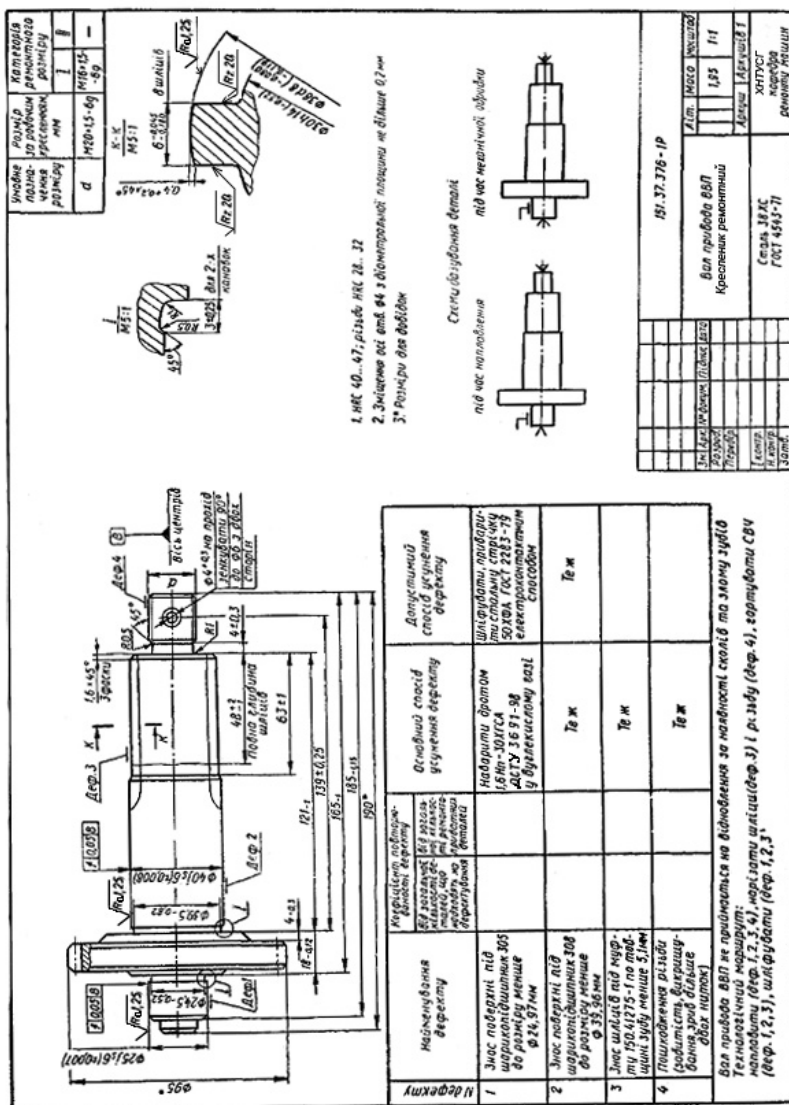
Кресленики ремонтні виконують на листах формату А3. При цьому зображення відновлюваної деталі, специфікацію, технічні вимоги і таблицю категорійних розмірів виконують на першому листі, а види, розміри, перерізи, таблицю дефектів — на наступних листах.

Допускається виконувати ремонтні кресленики на листах інших форматів за ГОСТ 2.301-68, але не більше формату А1. Якщо при відновленні необхідно ввести додаткові деталі, то ремонтні кресленики виконують як складальне. Для цього виду ремонтних креслеників складають специфікацію, куди у загальному випадку мають бути записані відновлювані і додаткові деталі, а також деталі, які замінюватимуть. На кожну додаткову деталь розробляють кресленик. Правила заповнення специфікації мають відповідати ДСТУ ГОСТ 2.604-2005 і ГОСТ 2.106-96.

На складальному ремонтному кресленнику, за необхідності, наводять підготовку під встановлення додаткової деталі. Допускається для додаткових деталей нескладної конфігурації (типу втулок) на поле ремонтного кресленика наводити дані для виготовлення і контролю.

На ремонтних креслениках поверхні, які підлягають обробці під час ремонту, виконують основною суцільною товстою лінією, решту частини зображення — суцільною тонкою лінією (у два-три рази тоншою основної суцільної лінії). Місця дефектів нумерують відповідно до номера дефекту, вказаного у таблиці дефектів, наведених на ремонтному кресленнику. Розмір шрифтів номерів позицій, дефектів, літерних позначень має бути у 1,5 рази більший, ніж розмір цифр розмірних чисел, які застосовують на тому самому ремонтному кресленнику. Позначення дефектних місць мають відповідати наведеним на рис. 5.1.

На ремонтних креслениках зображують тільки ті види, розрізи і перерізи та вказують ті розміри, граничні відхилення, допустимі похибки взаємного розміщення осей і поверхонь, параметри твердості, шорсткості поверхонь тощо, які мають бути виконані і перевірені у процесі відновлення деталі.



Числові значення і позначення розмірно-точносних характеристик, параметрів твердості та шорсткості поверхонь мають бути такими, як на робочому кресленнику.

Граничні відхилення лінійних розмірів вказують чисельними значеннями або умовними позначеннями, зазначаючи у дужках їх цифрове значення.

На кресленнику деталі розміри, потрібні для розрахунку нормативів часу на обробку, вибору обладнання (габаритні розміри), проектування оснащення тощо, для яких не потрібен контроль, проставляють у вигляді довідкових розмірів відповідно до ГОСТ 2.307-68. До таблиці дефектів заносять інформацію, яка характеризує дефекти і способи їх усунення.

У графі «Найменування дефекту» записують всі дефекти, за якими деталь згідно із технічними вимогами підлягає відновленню. При цьому вказують характер дефекту (знос, тріщина, пошкодження тощо) і допустиме значення параметра, яке контролюють за дефектації деталі (допустимий розмір, овальність, конусоподібність тощо).

Графу «Коефіцієнт повторюваності дефектів» у випадку відсутності даних не заповнюють.

У графі «Основний спосіб усунення дефекту» і «Допустимі способи усунення дефекту» у стислій формі записують основні операції, які потрібно виконати для усунення кожного дефекту. До головного належить спосіб, застосування якого забезпечує отримання найвищих економічних і якісних показників відновлення деталі.

Якщо застосовується зварювання, наплавлення, напилювання, паяння тощо, то у цих графах вказують найменування, марку, розміри матеріалу (електрод, флюс тощо), який використовують у цій операції, а також номер стандарту на цей матеріал.

Під таблицею дефектів вказують умови і дефекти, за яких деталь не приймається на відновлення, а також технологічний маршрут відновлення за основним способом усунення дефектів.

Розміри граф таблиці не регламентують і визначають обсягом текстової частини і наявністю вільного поля кресленника.

Терміни, які застосовують під час запису способу усунення дефектів і операцій відновлення у рекомендованому технологічному маршруті, мають відповідати прийнятим у державних стандартах та іншій науково-технічній документації.

Технічні вимоги виносять на поле ремонтного кресленника над основним написом, групуючи разом однорідні та близькі за своїм характером вимоги у такій послідовності:

- вимоги до термічної обробки і властивостей матеріалу відновленої деталі;

- розміри, граничні відхилення розмірів, форм і взаємного розміщення поверхонь тощо;
- вимоги до якості поверхонь, покриття і обробки;
- вказівки про маркування і клеймування;
- посилення на інші документи, які містять технічні вимоги, що поширюються на цей виріб, але не наведені на кресленику.

У технічних вимогах відображують дані про допустимі значення параметрів, які визначають міцність зчеплення нанесеного шару, наявність раковин, відшарувань тощо.

На ремонтних креслениках деталей, за потреби, дають вказівки по базуванню під час виконання окремих операцій у вигляді схем базування на вільному полі кресленника.

Написи, таблиці, а також технічні вимоги на ремонтних креслениках деталей і складаних одиницях виконують відповідно до ГОСТ 2.316.

Згідно з ДСТУ ГОСТ 2.604:2005 на ремонтному кресленику додавають літеру Р (ремонтний) до позначення деталі або складаної одиниці. Ремонтний кресленик кількома категорійними розмірами деталі позначають додаванням до позначення цієї деталі дробу, у чисельнику якої стоїть літера Р і цифра, яка відповідає першій категорії ремонтного розміру деталі, а в знаменнику — літера Р і цифра, яка відповідає другій або третій категорії ремонтного розміру деталі.

Якщо одна або більше поверхонь деталі мають категорійні розміри, то в правому верхньому кутку ремонтного кресленника оформляють таблицю, а категорійний розмір на кресленику позначають літерою Р.

У випадку усунення дефекту поверхні деталі шляхом встановлення додаткової деталі (втулка, кільце тощо) на цю деталь розробляють ремонтний кресленик на її виготовлення. Позначення ремонтного креслення додаткової (нової) деталі отримують додаванням літери Н до позначення ремонтного креслення деталі, до якої відноситься додаткова деталь. Якщо для відновлення основної деталі потрібна не одна, а кілька додаткових деталей, їх позначення отримують додаванням до літери Н порядкових номерів цих деталей (Н1, Н2, Н3 тощо).

Схема розбирання (складання) складаної одиниці є доцільною (не обов'язковою) вихідною інформацією для опису технологічного процесу розбирання (складання), а також може бути використана як самостійний технологічний документ на робочому місці у ремонтній майстерні, а із врахуванням трудомісткості виконання робіт дає можливість ґрунтовно визначити необхідні робочі місця для виконання розбирально-складальних операцій на цьому підп-

риємстві, оскільки на схемі відображено можливість виконання як послідовних, так і паралельних робіт.

Для складання схеми розбирання (складання) заданої складанної одиниці вивчають її конструкцію за складальним кресленням і ознайомлюються з чинними типовими технологічними процесами.

Розбирають (складають) складанну одиницю у певній послідовності, яка залежить від її конструкції.

Процес розбирання (складання) зображають на схемі прямою (вертикальною або горизонтальною) лінією, до якої у певних місцях примикають прямокутники, що позначають складові частини виробу (складанні одиниці і деталі). Для кращої наочності прямокутник, який схематично зображає складанну одиницю, виконується двома паралельними лініями.

На схемі розбирання прямокутники, що зображають складанні одиниці, які зніматимуть, розміщуються зліва за ходом лінії розбирання, а окремі деталі — справа. На схемі складання, навпаки: прямокутники, що зображують складанні одиниці, які встановлюватимуть, праворуч, а окремі деталі — ліворуч.

Початком для схеми розбирання є виріб (складання одиниця), кінцем — базова деталь. Початком схеми складання є базова деталь, а кінцем — виріб (складання одиниця).

Кожний прямокутник на схемі розділяється на чотири поля, від яких зазначаються найменування деталі або складанної одиниці, їх позначення, кількість і номер позиції за специфікацією на основному конструкторському кресленку виробу.

Якщо ця складання одиниця не має позначення за основним конструкторським документом, тобто є лише технологічною складанною одиницею, то її позначення формують так: технологічній складанній одиниці присвоюють позначення тієї складанної одиниці, куди вона входить, із додаванням літери Т, якщо така складання одиниця одна, і літери Т з цифрою (Т1, Т2 тощо), якщо таких складаних одиниць кілька. Вузол у технологічній складанній одиниці позначається дробом: Т1/Т2, Т2/Т1, Т2/Т2 і т. інше.

Схема розбирання (складання) супроводжується ескізом складанної одиниці та її специфікацією. Всі складові частини складанної одиниці нумерують на ескізі відповідно до номерів позицій, вказаних у специфікації. Номери позицій наносять на полках лінійвиносков, проведених від зображень складових частин (за правилами, передбаченими ГОСТ 2.109-73).

Номери позицій проставляють на схему у лівих верхніх квадратах прямокутників.

5.4. Технологічна документація

Стандартами чинної єдиної системи технологічної документації (ЕСТД) передбачається два варіанти комплектності технологічних документів:

- комплект документів технологічного процесу (операції), який являє собою сукупність технологічних документів, потрібних і достатніх для виконання технологічного процесу (операції);
- комплект технологічної документації — сукупність комплектів документів технологічних процесів і окремих документів, потрібних і достатніх для виконання технологічних процесів під час виготовлення і ремонту виробу чи його складових частин.

Для ремонтного підприємства розробляються і оформляються комплекти документів, які визначають технологічні процеси розбирання, складання, дефектації і відновлення деталей. При цьому встановлено такі види технологічних процесів, за ступенем деталізації їх опису: маршрутний опис — для розбирання і дефектації, маршрутно-операційний для складання складаних одиниць і відновлення деталей.

Технологічну документацію, яку розробляють і застосовують на ремонтних підприємствах у системі агропромислового комплексу, оформляють відповідно до вимог стандартів ЕСТД з урахуванням, роз'яснень і обмежень, викладених у ГСТУ 3-058:2004 і СОУ 29.3-37-186:2004. Цими документами передбачено різні види технологічних документів. До них належать групи технологічних карт і відомостей до цих карт: маршрутна карта (МК), карта типового технологічного процесу (КТТП), наприклад, на очисні або електролітичні операції, операційна карта для різних видів операцій (наплавлення, механічної обробки, технічного контролю тощо), карта технологічного процесу дефектації (КТПД), карта ескізів до технологічних операцій (КЕ) тощо. До групи відомостей відносять: відомість технологічних документів (ВТД), які містяться у комплекті документів технологічного процесу; відомість деталей до типового технологічного процесу (ВТП), відомість оснащення (ВО) і обладнання (ВООБ).

За ЕСКД ГОСТ 3.1102-81 використовується одна форма карт для всіх видів технологічних документів, які відрізняються лише правилами їх заповнення. Можливий варіант застосування індивідуальних форм для різних видів документів, які звичайно застосовуються за відповідними ГОСТ на виготовлення деталей.

Для упорядкування обліку, звернення і використання інформаційно-пошукових систем всі технологічні документи мають позначення, тобто кодуються відповідно до ЕСКД ГОСТ 3.1201-85.

Приклади маршрутної карти відновлення деталі і ескізу до операційної карти наплавлення наведено на рис. 5.2 і 5.3.

[illegible]

Рис. 5.2. Маршрутна карта

[illegible]

Рис. 5.3. Операційна карта наплавлення

5.5. Основи вибору оптимальних варіантів технологічних процесів

Комплексний аналіз варіантів. Взаємопов'язана сукупність тих чи інших технологічних способів, обладнання і оснащення, застосовуваних для ремонту виробу, являє собою різні варіанти технологічних процесів усунення окремих дефектів чи ремонту виробу машини, агрегату, деталі загалом. Під час розробки технологічних процесів, а також пов'язаних з ними методів керування і організації виробництва виникає необхідність комплексного аналізу можливих варіантів і вибору оптимальних для цих конкретних виробничих умов. Комплексний аналіз порівнюваних варіантів технологічних процесів передбачає розгляд технічної, організаційної, соціальної, екологічної і економічної доцільності їх застосування.

5.6. Технологічні пристрої

Пристроєм називають обладнання, яке створює потрібні умови і зручності для виконання технологічних операцій. Пристрої, призначені для виконання цілої низки операцій з різними деталями, називають універсальними. Пристрої, на яких можна виконувати тільки одну операцію, називають спеціальними.

Використання пристроїв сприяє підвищенню продуктивності праці, точності обробки або розбирання-складання, забезпеченню оптимальних розмірів праці, збереженню деталей, розширенню технологічних можливостей обладнання, підвищенню безпеки праці.

За цільовим призначенням пристрої, які використовують у ремонтному виробництві, поділяють на п'ять груп.

1. Розбирально-складальні пристрої для розбирання і складання нерухомих спряжень, вузлів, агрегатів і машин, попереднього деформування пружних елементів.

2. Верстатні пристрої для встановлення і закріплення оброблюваних деталей або заготовок на верстатах.

3. Контрольні пристрої для перевірки якості ремонту або технічного стану деталей, вузлів, машин.

4. Пристрої для кріплення робочих інструментів, які дозволяють чітко встановлювати і фіксувати інструмент на верстатах відносно оброблюваної заготовки.

5. Пристрої для захвату, переміщення і зміни положення ремонтованих деталей вузлів і машин. Їх застосовують для об'єктів, переміщення яких м'язовою силою неможливе або утруднене.

Розбирально-складальні пристрої — це преси, знімачі, наставки. Їх можна використовувати самостійно і в комплексі з уні-

версальними пресами або спеціальними стендами пресового типу з механізованим приводом. При цьому вони складаються з встановлювальних, запірних, регулювальних, кріпильних, з'єднувальних елементів і корпусу пристрою.

Встановлювальні елементи у більшості розбирально-складальних пристроїв — регульовані. У деяких пристроях (захватах) для механізованого розбирання застосовують розрізні двофланцеві стакани і призматичні підставки. Запірні елементи пристроїв — це кільця, конуси, нарізні пари, ступінчасті втулки. Регульовальні елементи пристроїв мають форму додаткових ланок, повзушок, спіральних дисків та конусів. Кріпильні елементи — це, як правило, стандартні деталі: гвинти, штифти, пальці, заклепки тощо. Елементи з'єднання виконуються у вигляді швидкознімних пристроїв. Корпуси розбирально-складальних пристроїв у більшості випадків представлені траверсою.

Верстатні пристрої є додатковим обладнанням до різного виду верстатів їх використовують для встановлення і закріплення оброблюваних деталей відносно різального інструмента так, щоб він чітко виконував всі потрібні розміри, передбачені у цій деталі. За ступенем спеціалізації верстатні пристрої поділяють на універсальні, спеціальні, переналагоджувані, універсально-складальні, складально-розбиральні та універсально-налагоджувані.

Універсальні пристрої застосовують для встановлення і закріплення різних за формою і розміром деталей, що обробляються на універсальних механорізальних верстатах у штучному, дрібносерійному і серійному виробництвах.

Спеціальні пристрої використовують для виконання певних (одноцільових) операцій у серійному, крупносерійному і масовому виробництвах.

Переналагоджувані пристрої застосовують для встановлення і закріплення подібних за формою, розмірами і способами обробки деталей на різних верстатах у серійному виробництві.

Універсально-складальні пристрої складаються із готових нормалізованих елементів, які входять до спеціального комплекту і застосовуються в умовах дослідного і дрібносерійних виробництв.

Верстатні пристрої мають задовольняти трьом основним вимогам: забезпечувати характеристики точності деталі, давати зниження всіх видів витрат на виконання технологічної операції і бути простими і недорогими. Особливо потрібно звернути увагу на правильне встановлення у верстатних пристроях деталі. Воно досягається застосуванням спеціальних установлювальних баз і елементів.

Верстатні пристрої поєднують установлювальні, затискні, силові, напрямні, подільні і допоміжні елементи. Крім того, кожний пристрій включає в себе корпусні та кріпильні деталі.

Установлювальні елементи верстатних пристроїв несуть на собі базисні поверхні пристроїв, які використовуються як опори оброблюваної деталі. Вони визначають положення деталі відносно інших елементів і пристрою загалом.

Опорні елементи поділяють на основні і допоміжні. Перші орієнтують деталь у пристрої і жорстко з ним зв'язані, другі індивідуально підводять до деталі для підвищення стійкості і жорсткості під час обробки. Опори виконують у формі штирів, призм і пальців.

Затискні елементи верстатних пристроїв мають задовольняти таким вимогам: під час затискання не порушувати заданого положення деталі у пристрої, мати зусилля затискання достатньо великі, щоб виключити зсув, повертання або вібрацію деталі під час різання.

Затискачі мають бути механізовані або автоматизовані.

Розрізняють затискні пристрої прості та комбіновані. Прості, які складаються з одного елементарного механізму, є клинові, гвинтові, ексцентрикові, важільні та інші (рис. 5.4). Комбіновані складаються з декількох простих пристроїв, з'єднаних разом (гвинтово-важільні, ексцентрично-важільні). У багатьох сучасних пристроях використовують пневматичні та гідравлічні затискні пристрої.

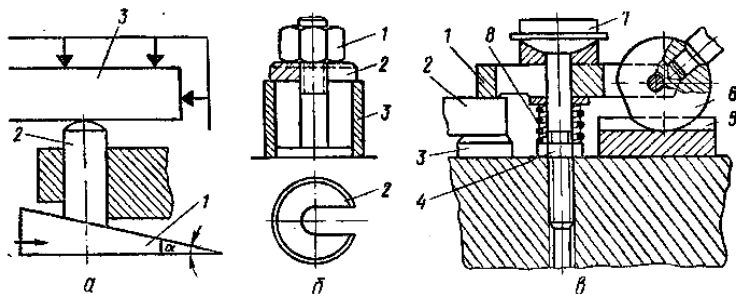


Рис.5.4. Прості затискні пристрої:

- а* — клиновий затискач; 1 — клин; 2 — притискний штир; 3 — деталь;
б — гвинтовий затискач з розрізною шайбою; 1 — гайка; 2 — шайба;
 3 — оброблювана деталь; *в* — ексцентриковий затискач; 1 — притискна планка; 2 — оброблювана деталь; 3 — опора; 4 — гайка; *б* — опора ексцентрика; 6 — ексцентрик; 7 — гвинт; 8 — пружина

За видом приводу затискне обладнання поділяють на ручне механізоване та автоматизоване.

Напрямні елементи верстатних пристроїв потрібні для спрямування різального інструмента переважно у тих випадках, коли

він обертається. Вони являють собою кондукторні втулки, які є постійними і змінними.

Подільні елементи — це диски або сектори, що несуть, на собі зуби, пази або отвори і застосовуються для фіксації деталі відносно різального інструмента.

Корпуси верстатних пристроїв і кріпильні деталі є зв'язувальними елементами верстатних пристроїв.

Під час розробки верстатних пристроїв максимально використовують стандартні, нормалізовані та уніфіковані конструктивні елементи.

Контрольні пристрої. За їх допомогою перевіряють точність виконання розмірів і взаємного положення поверхонь деталей і вузлів, а також правильність їх геометричної форми. Висока точність сучасних машин зумовлює необхідність застосування у контрольних пристроях вимірювачів високої чутливості, а також правильність вибору принципіальної схеми і конструкції пристроїв загалом. Для перевірки невеликих і середніх деталей застосовують стаціонарні контрольні пристрої, для великих — переносні, які встановлюють на деталь або вузол, що перевіряються.

Контрольний пристрій складається із установлювальних, затискних, вимірювальних і допоміжних елементів. Для об'єднання цих елементів в одне ціле призначений корпус пристрою.

Установлювальними називають елементи, на які деталь (вузол), що перевіряється, ставиться своїми вимірювальними базами відносно вимірювального пристрою. Для встановлення на базові площини застосовують постійні опори зі сферичними і плоскими головками, опорні пластинки, а також спеціальні деталі залежно від конфігурації бази у плані. Для підвищення стійкості проти зношування опори термообробляють до твердості HRC 55-60. Для встановлення деталей на зовнішні циліндричні поверхні використовують призми.

Затискне обладнання у контрольних пристроях запобігає зміщенню встановленої для перевірки деталі (вузла) відносно вимірювального пристрою і забезпечує повний контакт установлювальних баз деталі з опорами пристроїв. У контрольних пристроях застосовують ручні затискні пристрої (важільні, пружні, гвинтові, ексцентрикові), а також пристрої з приводом, головним чином, пневмозатискачі. Часто застосовують комбіновані затискні пристрої, забезпечивши одночасне і чітко рівномірне затискання контрольованих деталей до кількох опорних елементів пристроїв. Місце прикладення сили затискання вибирають так, щоб не викликати деформацій деталі і елементів контрольного пристрою.

Вимірювальні пристрої контрольних інструментів поділяють на дві основні групи: граничні й відлікові. Граничні пристрої не да-

ють чисельного значення вимірювальних величин. При цьому використовуються найпростіші пристрої: скоби, пробки або щупи. Як відділкові вимірювачі використовуються індикатори з важільним або зубчастим передавачами.

Допоміжні пристрої контрольних інструментів мають різне призначення. Наприклад, поворотні пристрої під час перевірки радіального чи осевого биття або повзуни для переміщення вимірювальних елементів під час перевірки прямолінійності або паралельності.

Корпус контрольного пристрою є його базовою деталлю. У стаціонарних пристроїв корпуси виконують у вигляді масивної і жорсткої плити або корпусної деталі, на основі якої розміщують основні і допоміжні деталі та пристрої.

Пристрої для кріплення робочих інструментів використовують для фіксації різального інструмента на металооброблювальних верстатах. Вони призначені для прискорення встановлення і фіксації інструмента. Наприклад, перехідні втулки для інструмента на свердильних верстатах, оправки для циліндричних і дискових фрез, розточувальні скалки тощо. Особливу групу становлять пристрої для кріплення робочих інструментів, які розширюють технологічні можливості металорізальних верстатів. Ці пристрої дозволяють виконувати роботи, які виконують на верстатах інших типів. Наприклад, проточування кільцевих канавок і нарізання нарізі на вертикально-свердильних верстатах.

Пристрої для захвату, переміщення і зміни положення відновлюваних деталей, вузлів і машин. До цієї групи технологічних пристроїв належать ланцюгові та канатні скоби, траверси, кліщові і ексцентрикові захвати, підіймальні електромагніти, кантувачі, підтримувальні пристрої, шарнірно-балансирні маніпулятори тощо.

Знімачі. Для виконання операцій розбирання з'єднань з натягом на ремонтних підприємствах найчастіше застосовують знімачі. Знімачі для швидкого роз'єднання деталей є пристосуваннями, що закріплюються за охоплювану і охоплювальну деталі. Вони є спеціальні, призначені для зняття якої-небудь певної деталі і універсальні, дозволяючи проводити випресовування і запресовування низки деталей, що відрізняються одна від одної за конструкцією і розмірами. Всі знімачі діють після принципу захвату деталі, що знімається, або упором у неї.

Проте, не дивлячись на велику різноманітність конструкцій, у всіх знімачів є вузли і деталі спільні за призначенням, а часто і формою.

Спеціальні знімачі за способом захвату деталі підрозділяють таким чином: кріпленням лап до деталі болтами або шпильками,

нагвинчуванням корпусу знімача на нарізну частину деталі, захватом деталі лапами, розтискним корпусом, із захватом деталі упором, з установленням у замкнутий корпус.

Універсальні знімачі за конструкцією захватів можуть бути шарнірно-гвинтові, з шарнірним кріпленням лап і утримуючим кільцем і з переміщенням лап за Т-подібною планкою.

Типовий представник широко поширеної конструкції лапчастого знімача представлений на рис. 5.5.

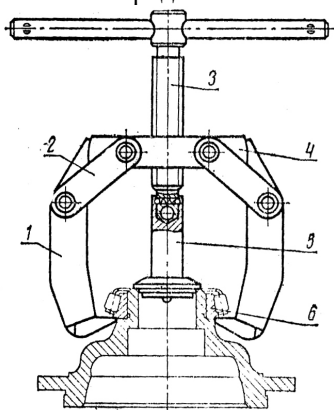


Рис. 5.5. Гвинтовий знімач з лапчастими захватами:

1 – захват; 2 – тяги; 3 – силовий гвинт; 4 – корпус; 5 – надставка; 6 – деталь

Знімачі з механічним і пневматичним приводами використовують для розбирання нерухомих розбірних з'єднань, що не вимагають значних зусиль (шпонкових, шліцевих і та інших).

Класифікацію знімачів, вживаних під час розбирання спряжень з натягом, представлено в табл. 5.3.

Захвати знімачів найбільш відповідальні деталі знімачів. Під час роботи знімача на захват діє сила, яка дорівнює зусиллю випресовування, що ділиться на кількість захватів (див. рис. 5.6а).

Перенісши силу P_1 в центр тяжіння перетину тяги, отримаємо силу P_2 , яка розтягує

тиме захват, і дві сили P_1 і P з моментом $P \cdot l$, що вигинає кінець захвату. При цьому $P_1 = P$, $P_1 = P_2$.

Як бачимо з рисунку захвати знімачів працюють в умовах розтягування і вигину. Проте у разі, коли захват відносно деталі, що спресовується, встановлюється під деяким кутом (рис. 5.6б), окрім розглянутих вище сил, виникає зусилля T , що сприяє зриву кінців захвату з деталі ($T = N \cdot \sin \alpha$). Для того щоб знімач працював в процесі експлуатації нормально, захвати відносно спресовуваної деталі розташовують так, щоб кінці захватів спиралися всією своєю площиною на поверхню деталі, що знімається.

Форма захватів досить різноманітна і залежить від конфігурації спресовуваних деталей і місця їх розташування (рис. 5.6в-л).

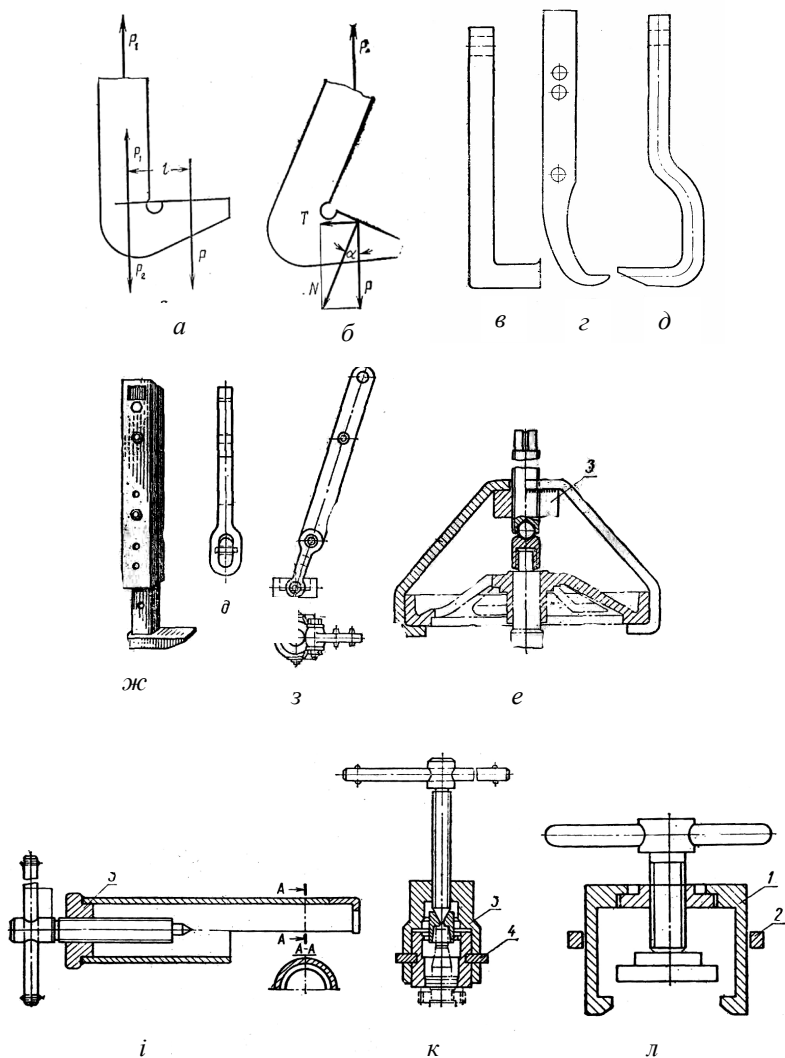


Рис. 5.6. Захвати знімачів і сили що діють на лапчастий захват:
а – сили діють на лапчастий захват за правильного контакту з деталлю;
б – сили діють на лапчастий захват за неправильного контакту з деталлю;
в, г, д – прості лапчасті захвати; *ж* – розсувний лапчастий захват;
з – захвати тяги; *е, і* – захвати, що жорстко сполучаються з корпусом; *к, л* – складені нерухомі захвати; 1 – захват; 2 – кільце; 3 – корпус; 4 – вилка

Таблиця 5.3

Класифікація знімачів

Класифікаційна ознака	Тип знімачів
Механізм приводів	Ручний Механізований
Механізм пресового пристрою	Важіль Рейковий Гвинтовий Пневматичний Гідравлічний
Механізм захвату	Лапчастий Струбиноний Рамовий Нарізний Цанговий П'ятковий
Опорна поверхня захвату деталі	Зовнішня (захвату) Внутрішня Торцева
Спосіб з'єднання лап з траверсою	Шарнірно-лапчастий З переміщуваними лапами
Спосіб переміщення лап	З незалежним переміщенням Зі ступінчато-незалежним переміщенням З переміщенням, що центрується

У випадках коли не вдається уникнути зриву захватів під час спресовування деталі, в конструкціях знімачів передбачені всякого роду пристосування, що перешкоджають цьому явищу (рис. 5.7).

Силовий гвинт (штока) знімача витримує значні навантаження. Передача зусилля гвинта (штока) на деталь проводиться його торцем, який з метою зменшення зносу термообробляється.

Для зниження деформації поверхні деталі на яку передається зусилля від силового гвинта застосовується встановлення додаткової деталі, п'яти (рис. 5.8). Конструкція кріплення п'яти вибирається так, щоб під час обертання гвинта п'ята була нерухома. Інколи робочу поверхню п'яти забезпечують прокладкою з м'якого матеріалу (мідь, латунь, алюміній, фібра).

Конструкції корпусів знімачів дуже різноманітні і залежать від кількості захватів, а також від взаємного переміщення корпусу-гвинта під час роботи.

З'єднання захватів з корпусом можуть бути шарнірно-нероз'ємними (рис. 5.9а), або шарнірно-роз'ємними (рис. 5.9б).

Під час силового розрахунку елементів конструкції знімачів послідовно визначають: діаметр силового гвинта, висоту гайки, перетин траверси корпусу, перетин захватів, довжину і діаметр рукоятки.

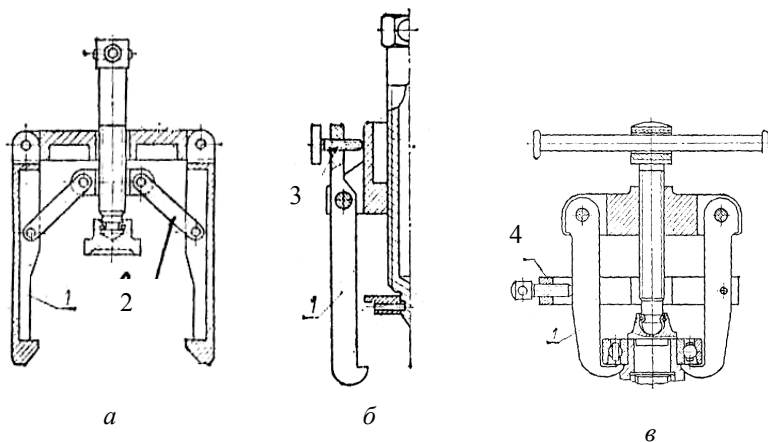


Рис. 5.7. Способи притиснення лапчастих захватів до деталі, що знімається:

a – за допомогою тяги; *б* – за допомогою гвинта; *в* – хомутом;
1 – захват; 2 – тяга; 3 – гвинт; 4 – хомут

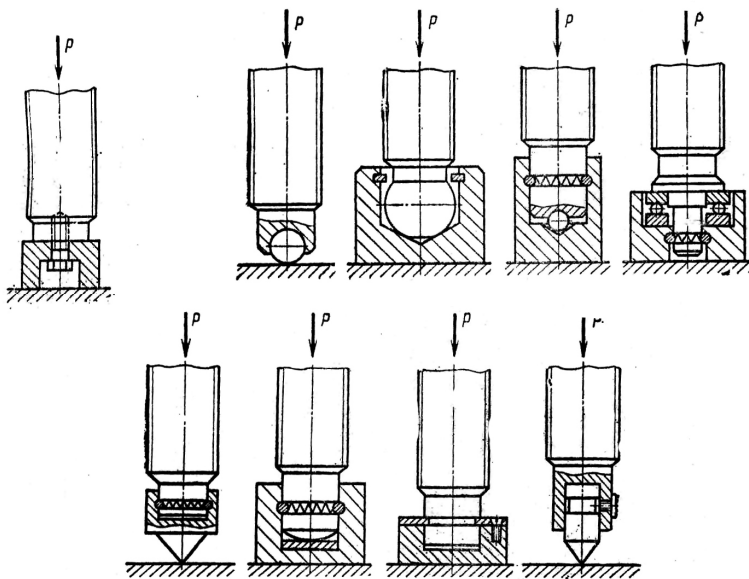


Рис. 5.8. Варіанти конструкцій торцевої поверхні силових гвинтів (штоків)

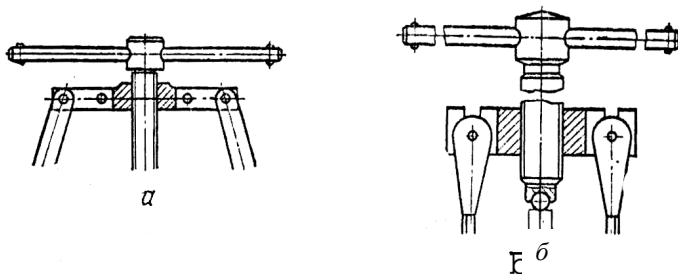


Рис. 5.9. Способи з'єднання захватів з корпусом:
а – шарнірно-нероз'ємні, б – шарнірно-роз'ємні

Зусилля, яке може створити гвинтовий знімач, визначають за формулою:

$$R = \frac{P \cdot L}{r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}, \quad (5.1)$$

де P – зусилля, прикладене до рукоятки знімача, Н;
 L – плече, на якому прикладено силу, м;
 r_{cp} – середній радіус нарізки силового гвинта, м;
 α – кут підйому гвинтової лінії, град;

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t}{\pi \cdot d_{cp}}, \quad (5.2)$$

t – крок нарізного силового – гвинта, м;
 d_{cp} – середній діаметр нарізки силового гвинта, м;
 φ – кут тертя нарізки силового гвинта, град ($\operatorname{tg} \varphi = 0,15$)

Основним робочим органом, що створює зусилля випресування у гідравлічних знімачів є силовий циліндр, інші елементи конструкції знімачів аналогічні гвинтовим (рис. 5.10а).

Зусилля, що розвивається силовим циліндром гідравлічного знімача визначають з виразу:

$$P = \frac{\pi \cdot D^2}{4} p, \quad (5.3)$$

де D – діаметр поршня силового циліндра, м;
 p – тиск робочої рідини, Па;

У разі подачі робочої рідини в надпоршньовий простір (рис. 5.11) (у порожнину з боку штока) зусилля визначають за формулою:

$$P_1 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p, \quad (5.4)$$

де d – діаметр штока, м

У гідравлічних знімачах тиск робочої рідини, що подається у силовий циліндр, може створюватися різними способами: за до-

помогою важільно-плунжерних солідолонангітатів, мастилорозподільного бачка типу ПЖС-2908, гідравлічним домкратом, плунжерним насосом, вбудованим у корпус знімача або масляним насосом типу НШ, що приводиться в дію електричним двигуном або двигуном трактора. Схему приводу гідравлічного знімача за допомогою масляного насоса наведено на рис. 5.10б.

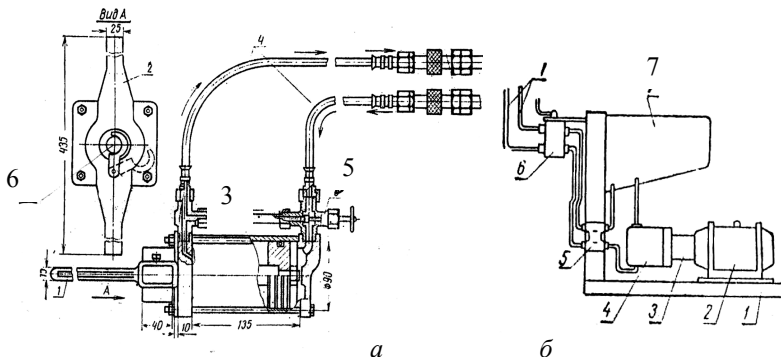


Рис. 5.10. Гідравлічний знімач з приводом:

a – гідравлічний знімач. 1 – захват; 2 – траверса; 3 – труба; 4 – шланги; 5 – кран; 6 – шток; *б* – гідростанція приводу знімача. 1 – рама; 2 – електродвигун; 3 – муфта; 4 – гідронасос; 5 – клапан; 6 – кран управління; 7 – масляний бак

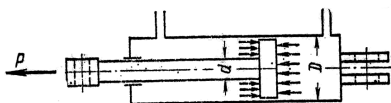


Рис. 5.11. Схема до розрахунку зусиль гідравлічного знімача

Потужність, що витрачається на привід насоса, визначають за формулою:

$$N = \frac{Q \cdot P}{612 \eta}, \quad (5.5)$$

де Q – продуктивність насоса, л/хв;
 P – тиск робочої рідини, Па;
 η – к.к.д. насоса.

Секундну подачу насосу визначають з виразу ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$S = \frac{F \cdot L}{t \cdot \eta}, \quad (5.6)$$

де F – площа поршня силового циліндра знімача, м^2 ;
 L – хід штоку гідроциліндра, м;
 t – час робочого ходу силового циліндра, с;
 η – об'ємний к.к.д. системи.

Пневматичні знімачі за своєю будовою аналогічні гідравлічним, проте зусилля, що розвивається на штоку, значно нижче і залежить від тиску в пневматичній магістралі, яку використовують на виробництві (0,4-0,6 МПа) (див. рис. 5.12).

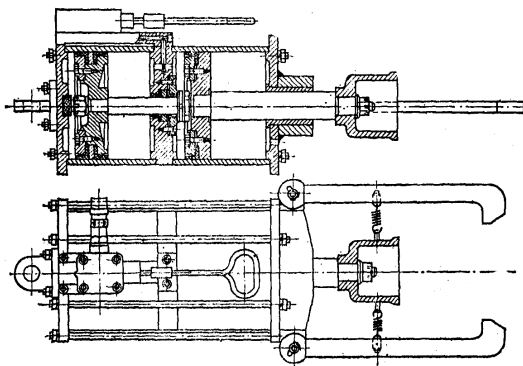


Рис. 5.12. Пневматичний знімач

У конструкціях знімачів рекомендується використовувати пневматичні циліндри наступних нормалізованих діаметрів робочої порожнини циліндрів 50, 60, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300 мм.

Діаметр поршня пневмоциліндра орієнтовно визначають за формулою:

$$D \approx 1,4 \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (5.7)$$

де Q – робочий тиск на штоку пневмоциліндра, Н;

P – тиск стислого повітря, МПа.

Знайдений діаметр округляють до найближчого більшого розміру і за прийнятим визначають діюче зусилля Q на штоці.

Окрім знімачів з'єднання з натягом розбирають за допомогою пресів і стендів, що працюють від стаціонарних гідроприводів, тиском 10–20 МПа. Залежно від розміщення силового штока і напрямку дії створюваного зусилля розрізняють преси вертикальні і горизонтальні, а за характером їх використання – стаціонарні і переносні. Крім того, преси ділять на універсальні і спеціальні; ручні і привід-

ні. Ручні преси є рейкові, гвинтові і ексцентрикові; привідні – пневматичні, гідравлічні, пневмогідравлічні, електромагнітні.

Під час використання устаткування з механізованим приводом продуктивність праці зростає в 3–5 разів порівняно з ручним. Найчастіше при цьому використовують гідравлічний і пневматичний приводи.

Необхідний тоннаж цих засобів визначають з огляду на розрахункову силу випресовування, з коефіцієнтом запасу від 1,5 до 2,0; великі значення коефіцієнта рекомендуються для менш потужних пресів.

Деякі типи пресів для розбирання з'єднань з гарантованим натягом залежно від необхідної сили випресовування показано в табл.5.4.

Таблиця 5.4

Преси для розбирання з'єднань з натягом

Тип пресу	Необхідне зусилля, тс					
	До 1,5	1,5-3,5	3,5-7	7-15	15-80	Більше 80
Пневматичні:						
з діафрагмовою камерою	+	-	-	-	-	-
одинарної прямої дії	+	+	-	-	-	-
здвоєної прямої дії	-	+	+	-	-	-
важільні	-	+	+	+	-	-
Гідравлічний	-	-	-	+	+	+
Пневмогідравлічний	-	-	+	+	+	+
Ударно-імпульсний	+	+	+	-	-	-
Електромагнітний	+	-	-	-	-	-
Механічний	+	+	+	+	+	-

Гідравлічні преси, що використовуються під час розбірних робіт, мають три дуже важливі переваги перед іншими типами пресів, це постійність навантаження штока і його швидкості руху, можливість здобуття великих робочих ходів.

Серійні гідравлічні преси простої дії мають насосно-безакумуляторний привід, одностійкову зварну конструкцію С-подібної форми або двостійкову рамну конструкцію і обладнаний необхідними засобами механізації і автоматизації. Серійні преси мають такі основні параметри: номінальне зусилля 7–80 тс, тиск ро-

бочої рідини 10–32 МПа, найбільший хід повзуна 250–500 мм, робоча швидкість повзуна 5,0–48 мм/с.

Процес розбирання з'єднань з натягом шляхом подовжного випресовування за деякої мінімальної швидкості штока так званої критичної, починає набувати стрибкоподібного, нерівномірного характеру з фазами вистою. Це пояснюється виникненням фрикційних автоколивань, коли енергія тиску рідини, що підводиться, має один порядок з енергією зчеплення деталі.

Для управління технологічним процесом розбирання потрібно мати в своєму розпорядженні розрахункові значення для критичної швидкості і залежно від її величини визначають потрібне максимальне розбірне зусилля $R_{\max}$.

Наближене значення критичної швидкості штока визначають з виразу:

$$V_{кр} = \frac{\Delta f \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot p}{\sqrt{\psi \cdot C \cdot m}}, \quad (5.8)$$

де Δf – різниця коефіцієнтів тертя у фазі вистою і у фазі ковзання ($\Delta f = 0,02 \dots 0,05$);

D – діаметр і довжина втулки;

p – контактний тиск у сполученні втулка – вал;

m – маса рухливих частин системи;

C – жорсткість динамічної системи;

ψ – відносне розсіювання системи під час коливань системи ($\psi = 0,8 \dots 1,0$).

Необхідне максимальне розбірне зусилля $R_{\max}$ за заданої швидкості штока V і відомого значення $V_{кр}$ визначають з виразу:

$$R_{\max} > \frac{KL}{\left(1 - \frac{V_{кр}}{V}\right)}, \quad (5.9)$$

де K – розмірний коефіцієнт пропорційності (наприклад $K=93$ кН/м)

Вживані на ремонтних підприємствах преси і стенси, що працюють за тиску в гідропроводі 10–20 МПа, мають такі недоліки: високу матеріаломісткість; велику виробничу площу; велику енергоємність; недостатній робочий тиск (10–20 МПа); відсутність мобільності, що призводить до недовантаження гідравлічного устаткування за невеликих обсягів робіт.

Пневматичні преси володіють низкою переваг: швидкою дією; простотою конструкцій; легкістю в управлінні; надійністю і стабільністю в роботі і не бояться перевантажень (рис. 5.13). Водночас вони

мають такі недоліки: змінну швидкість під час руху штока; чималі габаритні розміри силових агрегатів; порівняльно низький тиск стислого повітря (до 1 МПа); невелику величину робочих ходів (до 120 мм); підвищений шум у роботі; низький ресурс (10–15 тис. ходів).

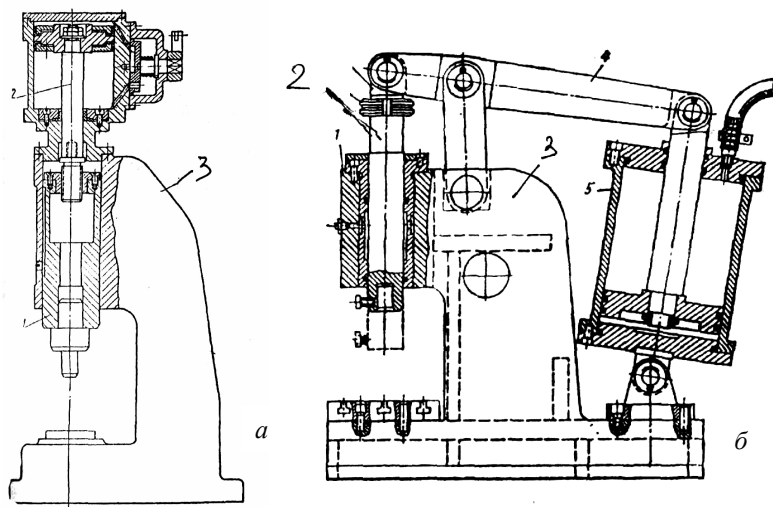


Рис. 5.13 Пневматичні преси:

а – прямої дії; *б* – з підсилювачем важеля;

1 – повзун; 2 – шток; 3 – станина; 4 – важіль; 5 – пневмоциліндр

Для виконання розбірних робіт застосовуються пневмопреси з поршневими пневмоциліндрами однобічної дії з пружинним поверненням для невеликих переміщень (0,8-1,5) діаметра поршня D із зусиллям до 6 кН і двобічної дії з ходом поршня (8-10) D і зусиллям до 45 кН. Важільні пневмопреси дозволяють істотно збільшити хід штока і можуть працювати із зусиллям до 150 кН.

Площу поршня пневмоциліндра однобічної дії з пружинним поверненням визначають із співвідношення (за горизонтального розташування циліндра):

$$F_a = \frac{P_{рас} + P_0 + C \cdot S}{0,8p_m + p_a}, \quad (5.10)$$

де $P_{рас}$ – зусилля випресовування;

P_0 – зусилля попереднього натягнення пружини;

C – жорсткість пружини повернення;

S – робочий хід поршня;

p_m – тиск у напірній магістралі;

p_a – атмосферний тиск.

За вертикального розташування пневмоциліндра в чисельник додається вага рухливих частин пневмоциліндра.

Розрахункову площу поршня пневмоциліндра двобічної дії з однобічним штоком визначають за формулою:

$$F_o = \frac{P_{pac}}{\chi \cdot p_m (1-k)}, \quad (5.11)$$

де χ – безрозмірний параметр навантаження;

k – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя в циліндрі.

Значення χ і k наведено в табл. 5.5, 5.6.

Таблиця 5.5

Залежність χ_{max} від тиску в напірній магістралі

p_m , МПа	0,3	0,4	0,5	0,6-0
χ_{max}	0,6	0,65	0,7	0,75

Таблиця 5.6

Залежності коефіцієнта k від зусилля випресовування

P_{pac} , кН	До 0,6	0,6-6,0	6,0-25	25-60
k	0,5-0,2	0,2-0,12	0,12-0,08	0,08-0,05

Швидкість переміщення поршня пневмоциліндра регулюють використанням різних схем регулювання, за умови знаходження відношення ефективної площі живого перетину трубопроводу випускної магістралі $f_{эв}$ до напірної f_3 ($\frac{f_{эв}}{f_3}$) в діапазоні 0,75 – 2,0, за безрозмірним критерієм навантаження пневмопроводу В.

$$B = \frac{F \cdot p_m \cdot t_b^2}{m \cdot S}, \quad (5.12)$$

де F – площа поршня в безштоковій порожнині циліндра;

p_m – тиск у напірній магістралі;

m – маса рухливих частин;

S – робочий хід поршня;

t_b – базовий час.

$$t_b = \frac{F \cdot S}{a_m \cdot f_3}, \quad (5.13)$$

де a_m – швидкість звуку за нормальних умов;

f_3 – ефективна площа напірної магістралі трубопроводу.

Якщо $B > 3$, то для регулювання швидкості поршня використовуються дроселі постійного або змінного перетину; якщо $B > 10$ – змінюють тиск на напірній або вихлипній лінії; якщо $0,1 < B < 3$ – перекривають вихідну порожнину.

Досить перспективне використання для розбирання з'єднань з натягом стаціонарних або мобільних пневмоударних установок з діапазоном зусиль 15-70 кН(рис. 5.14).

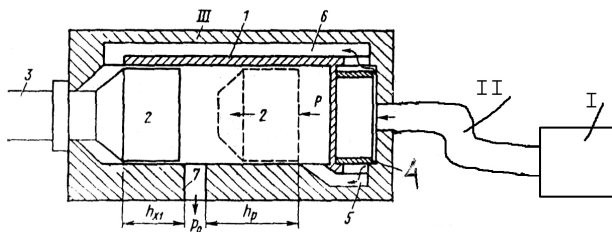


Рис. 5.14. Схема пневмоударної установки:

- I – компресор; II – шланг; III – ударна машинка. 1 – пневмоциліндр;
2 – поршень ударника; 3 – робоча насадка; 4 – розподільник;
5, 6 – канали для почергового нагнітання стислого повітря

Рух ударника можна розділити на два етапи: підготовчий (неробочий) і робочий. Підготовчий етап завершується зупинкою ударника в положенні, найбільш віддаленому від інструмента. Робочий етап починається з цієї миті і закінчується під час удару по інструменту. Таким чином, за цикл ударник зупиняється двічі.

Енергія, необхідна для випресовування втулки, пневмоударним інструментом визначається з виразу:

$$A_0 = \frac{2R_{рас} + c \cdot L}{2\eta} \cdot L, \quad (5.14)$$

де $R_{рас}$ – опір під час розбирання;

c – подовжня жорсткість динамічної системи;

L – довжина випресовування;

η – коефіцієнт передачі енергії:

$$\eta = \frac{4m_1 \cdot m_2}{(m_1 + m_2)^2}, \quad (5.15)$$

де m_1 і m_2 – маси ударника і деталі, що випресовується.

Ударна потужність пневмоударної установки дорівнює:

$$W = A_0 \cdot n, \quad (5.16)$$

де n – частота ударів.

В електромагнітних пресах електрична енергія безпосередньо без проміжних пристроїв перетворюється в кінематичну енергію прямолінійного руху повзуна із змінним інструментом (рис. 5.15).

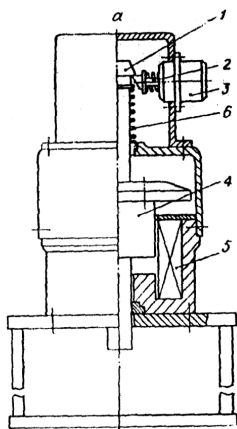


Рис. 5.15. Електромагнітний прес:

- 1 – фігурний виступ; 2 – якорь електромагніту; 3 – електромагнітні клямки; 4 – основний якорь; 5 – котушка лінійного електромагнітного двигуна; 6 – пружина повернення

Як результат взаємодії магнітного поля котушки соленоїда з феромагнітним сердечником у лінійному електромагнітному двигуні здійснюється обмежене механічне поступальне або зворотно-поступальне переміщення останнього за дискретного енергоспоживання. Для управління рухом якоря застосовують утримуючі пристрої на етапі рухання.

Електромагнітні преси, які випускають серійно, мають такі робочі параметри: зусилля 0,5–1,5 кН; величина робочих ходів повзуна 5–50 мм, частота ходів 60–120 ход/хв. В експериментальних зразків ці показники відповідно досягають та-

ких значень: 100 кН, 120 мм, 200 ход/хв.

Скорочення витрат праці під час *розбирання нарізних з'єднань* під час ремонту машин вирішується вживанням механізованого інструменту – гайко-, гвинто- і шпильковертів. При цьому повторюваність операцій розбирання нарізних з'єднань з однаковими конструктивними ознаками відкриває широкі можливості і створює умови вживання багатопозиційних інструментів.

На підставі порівняльних економічних розрахунків, з врахуванням програми робіт, вибирання засобів технологічного оснащення для проведення розбирання нарізних з'єднань рекомендується виконувати з умов запропонованих у табл. 5.7.

Вживані під час розбирання нарізних з'єднань гайко-, гвинто- і шпильковерти класифікуються на стаціонарні (з блоковими силовими головками) і переносні (механізований інструмент) з електричним, пневматичним і гідравлічним приводом. Основним елементом робочих органів устаткування є шпиндель – вал, що передає обертання від двигуна до гайкового ключа або головки (патрона) для утримання шпильок і гвинтів. У зв'язку з цим по числу робочих

органів і призначенню устаткування підрозділяється на одно- і багатошпindelьні гайковерти, шпильковерти і гвинтоверти.

Таблиця 5.7

**Вибір інструмента для розбирання нарізних з'єднань
(гайка M12 за довжини згвинчення 20 мм)**

Інструмент	Річний обсяг робіт розбирання нарізних з'єднань, тис. шт.			
	До 1,5	1,5-4,0	4,0-65,0	Понад 65,0
Гайковий ключ	+	-	-	-
Гайковий ключ з коловоротом	-	+	-	-
Одношпindelьний гайковерт	-	-	+	-
Багатошпindelьний гайковерт (10 шпильок)	-	-	-	+

Робочі органи за принципом дії групуються на безударні, ударні, імпульсно-фрикційні, вібраційні. Компонування робочих органів у багатошпindelьних установках може бути рядна, кільце, в перпендикулярних напрямках, під кутом тощо.

Принцип дії робочих органів нарізнозгвинчувального устаткування безударної (статичного) дії базується на обертальному ефекті. Можна виділити три типи таких робочих органів: прямого приводу (без обмежувальних муфт); з обмежувальними муфтами; з активним контролем крутного моменту згвинчення.

У робочих органах першого типу використовується пневматичний (рідше гідравлічний) привід. Обертання від пневмодвигуна через редуктор передається безпосередньо на шпindelь. Під час розбирання нарізного з'єднання робота здійснюється як за рахунок статичного крутного моменту, що розвиває двигун, так і за рахунок кінетичної енергії частин приводу, що обертаються. Максимальний крутний момент затягування, досягається за повної зупинки двигуна. Під час операцій відгвинчування реалізується лише статичний крутний момент, величина якого пропорційна тиску стислого повітря в живлячій магістралі.

Робочі органи, що входять до складу механізованого інструменту, дозволяють проводити розбирання – збирання нарізного з'єднання з діаметром до 12 мм; якщо вони вбудовуються в блоки силових голівок багатошпindelьних установок, то максимальний діаметр нарізки може доходити до 25 мм.

На рис 5.16 показано реверсивну пневматичну головку безударної дії.

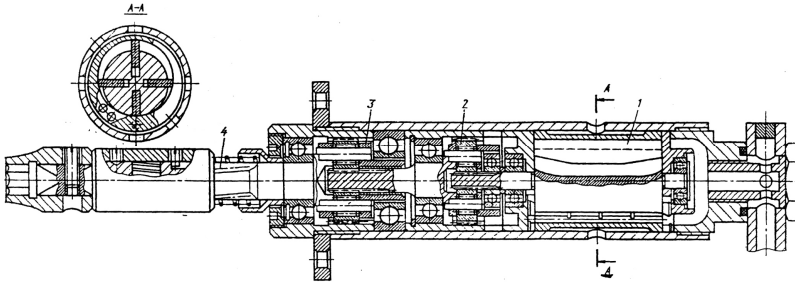


Рис. 5.16. Пневматична силова головка:

1 – двигун; 2 і 3 – планетарні передавачі двоступінчатого планетарного редуктора; 4 – шпиндель з гайковим ключем

На консольному кінці ротора двигуна 1 нарізана прямозуба шестірня, яка є ведучою ланкою планетарного передавача 2, що включає також віничну нерухому шестірню з внутрішніми зубами і водило з двома сателітами. Вихідний кінець водила з нарізаною на ньому шестірнею служить провідною ланкою планетарного передавача 3, аналогічно передавачу 2. Водило цього передавача є шпинделем 4, на якому закріплений гайковий ключ.

Для зниження рівня вібрації і шуму в робочих органах часто використовують один планетарний передавач, а замість другого вводять черв'ячну пару, а також установлюють глушник. Інколи замість черв'ячної пари використовують конічну.

Розрахунковий крутний момент ($M_{ш}$), на шпинделі гайковерта прямого приводу визначається з виразу:

$$M_{ш} = \frac{M_{ст}}{2} + \sqrt{\frac{M_{ст}^2}{4} + \frac{I_{пр} \cdot \omega_0^2 \cdot K_p \cdot K_{пр}}{(K_p + K_{пр}) \cdot (1 + K_{тр})}}, \quad (5.17)$$

де $M_{ст}$ – максимальний статичний момент, зазвичай досягається під час зупинення шпинделя (двигуна), чисельне значення визначається з технічних характеристик двигуна приводу, Нм;

$I_{пр}$ – момент інерції мас, що обертаються, приведених до шпинделя $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

ω_0 – кутова швидкість шпинделя на холостому ходу під час вільного нагвинчування (згвинчування) гайки с^{-1} ;

K_p – коефіцієнт кутової жорсткості нарізного з'єднання, який показує, на яку величину змінюється крутний момент, прикладений до гайки, під час повороту її на кут $\Delta\varphi$, Нм;

$K_{пр}$ – коефіцієнт кутової жорсткості приводу, Нм;

K_{TP} – коефіцієнт втрат на тертя в редукторі $K_{TP}=1-\eta$; η – к.к.д. редуктора.

Робочі органи гайковертів безударної дії з обмежувальними муфтами, як правило, мають електричний привід (рис. 5.17).

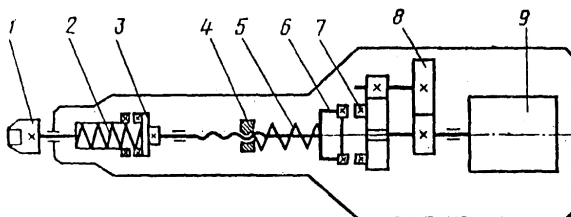


Рис. 5.17. Схема електричного гайковерта з обмежувальною муфтою:

- 1 – ключова насадка; 2 – пружина; 3 – муфта включення; 4 – регулювальна гайка; 5 – пружина; 6, 7 – складові частини кулачкової муфти; 8 – редуктор; 9 – асинхронний двигун

Крутний момент, від двигуна 9 через редуктор 8 передається на муфту з кулачками 6 і 7, що виконує функцію обмеження граничного моменту згвинчування. Кулачки знаходяться в зчепленні під дією пружини 5, сила натиснення якої регулюється гайкою 4, розташованою на вихідному валу. Муфта 3 виконує функції включення і відключення обертання ключа 1. При виконанні технологічної операції осьова сила, що прикладається до робочого органу, долає опір пружини 2 і муфта включається, приводячи в обертання ключ. Після закінчення роботи дія осової сили припиняється, пружина 2 розмикає муфту і обертання на ключ не передається.

Силу зчеплення кулачків пружиною 5 визначають з виразу:

$$P = \frac{2,6M_{ш}}{d_{cp}} \left[f \frac{d_{cp}}{d} - tg(\alpha + \rho) \right], \quad (5.18)$$

де $M_{ш}$ – розрахунковий крутний момент на шпинделі гайковерта;

d_{cp} – середній діаметр муфти по кулачках;

d – діаметр вала приводу;

f – коефіцієнт тертя на контактних поверхнях ($f = tg \rho$);
 $f \approx 0,15 \dots 0,20$;

α – кут нахилу робочої грані кулачка муфти; $\alpha = 30 \dots 45$.

У разі виникнення на скосах кулачків осьових сил, які перевищують силу P , муфта починає спрацьовувати, що супроводжується характерним «проклацуванням»; це свідчить про закінчення згвинчування.

Поряд з кулачковими муфтами в деяких конструкціях силових голівок застосовуються кулькові, фрикційні і магнітні муфти.

Як електричний привід у нарізnozгвинчувальному устаткуванні застосовуються однофазні колекторні електродвигуни потужністю 120–750 Вт напругою 220 В, асинхронні електродвигуни в трифазному і однофазному виконанні потужністю 120–750 Вт напругою 380 і 220 В і асинхронні двигуни підвищеної частоти 200 Гц потужністю 120–750 Вт напругою 36 В. Другим перспективним напрямом є вживання електроінструмента з автономним (у т.ч. акумуляторним) живленням.

Принцип дії ударного нарізnozгвинчувального устаткування базується на низці послідовних ударно-обертальних імпульсів, які перетворюють безперервний обертальний рух від двигуна (електричного, пневматичного, гідравлічного) в періодичні тангенціальні удари по шпинделю з насадженими на нього ключем або патроном.

Під дією цих імпульсів здійснюються ефективне розбирання і збирання нарізних з'єднань з діаметром більше 12 мм і максимальним крутним моментом згвинчування, на шпинделі до 1500 Нм.

Залежно від величини енергії одиничних ударів по шпинделю і їх частоти робочі органи підрозділяються на частоударні (20–40 ударів в секунду) і рідкоударні (1–3 удари в секунду). Частоударні робочі органи дозволяють провести розбирання нарізних з'єднань 110–200 ударами невеликої потужності змінної величини, рідкоударні – 6–10 ударами великої і стабільної потужності.

Найбільшого поширення набули частоударні гайковерти з гвинтовим переміщенням бойка (ударника) (рис. 5.18).

У разі встановлення змінної насадки на згвинчуваний елемент нарізного з'єднання (гайка, шпилька) оператор надає робочому органу осьове переміщення. Як результат долається опір поворотної пружини 8 і бойок 3, посаджений на привідний вал 1, своїми кулачками 14 зчіплюється з кулачками 13 ковадла 9, яке виконане у спільно з шпинделем. Робоча пружина стискування 4, встановлена між упорною вальницею 2 і бойком 3, кінематично замикає останній з валом 1 за допомогою двох кульок 5, які розташовані в V-подібних бальних канавках вала і бойка. Кульки допускають гвинтове переміщення бойка відносно вала (за подолання опору пружини 4) по одному з напрямів V-подібних канавок залежно від напрямку обертання. У вихідному положенні бойок кульки знаходиться у верхній частині канавок.

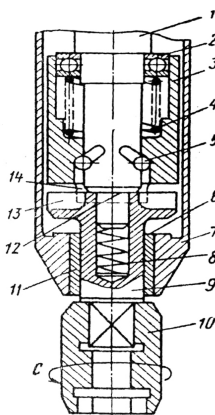


Рис. 5.18. Ударний механізм з гвинтовим переміщенням бойка:

- 1 – вал; 2 – упорна вальниця; 3 – бойок; 4 – робоча пружина;
- 5 – кульки; 6 – нижній упорний торець; 7 – корпус робочого органу; 8 – поворотна пружина;
- 9 – ковадло; 10 – змінна насадка;
- 11 – вальниця ковзання;
- 12 – верхній упорний торець;
- 13 – кулачки ковадла;
- 14 – кулачки бойка

Після вмикання двигуна бойок і ковадло обертаються як єдине ціле за стрілкою 3 (права нарізь) і передають на шпindel крутний момент, від вала 1. Як тільки момент опору нарізній парі перевищить момент, створений силою стискування пружини 4 і опором переміщенню кульок канавками, кутова швидкість ковадла і бойків знижується, а вал 1 продовжує обертатися з колишньою кутовою швидкістю. У цей момент кульки 5 починають перекочуватися канавками, створюючи динамічне осьове переміщення бойка відносно вала (відскік від ковадла). При цьому кулачки 13 і 14 розчіпляються, а пружина 4 додатково стискується. Обертання ковадла і шпинделя припиняється, а бойок знов набуває кутової швидкості вала. Під дією стисненої пружини 4 бойку передається прискорений гвинтовий рух у зворотному напрямку

і його кулачки завдають крутного удару по кулачках ковадла. При цьому кінетична енергія бойка передається ковадлу і через змінну насадку на загвинчуваний елемент РС. Далі описаний процес періодично повторюється.

Рідкоударні робочі органи принципово відрізняються від частоударних, що зумовлено різними конструктивними схемами ударних механізмів, особливостями процесу згвинчення, характером зміни основних параметрів. Вони мають велику енергоємність (у 10 і більше разів), меншу масу (на 20–40%), вимагають привід меншої потужності (на 15–35%) і характеризуються вищим к.к.д. процесу (у 2–5 разів).

Середній ресурс частоударних робочих органів становить $R=(1,5-2,0) \cdot 10^5$ ударних циклів.

У зв'язку з великими проміжками часу між ударами ці робочі органи генерують низькочастотні імпульси, тому їх відносять до ві-

бробезпечних і малошумних. Висока енергія одиничного удару дозволяє згвинчувати нарізні з'єднання великого діаметра, знизити енергоємність цього процесу, здійснювати контроль зусиль у кріпильних деталях.

Спільною конструктивною ознакою, властивою рідкоударним робочим органам з електричним і пневматичним приводом, є наявність, зазвичай, складеного бойка, одна з ведених частин якого тим або іншим способом зачіпляється з ковадлом і синхронізуючим елементом.

Ударний механізм (рис. 5.19) включає корпус 15, привідний вал 13, відцентрові вантажі 12 у вигляді роликів із сферичними торцями, ведучу частину, бойок 3, зовнішню 4 і внутрішню 5 ведену частину бойка, ковадло 7, виконану спільно із шпинделем 8. Привідний вал кінематично зв'язаний з провідною частиною бойка за допомогою фрикційної муфти 1, яка обмежує крутний момент привідного двигуна. Відцентрові вантажі (ролики) розташовані в пазах зовнішньої веденої частини бойка і контактують торцями з конічними поверхнями на ведучій і внутрішній веденій частинах бойка. Ведуча і зовнішня ведена частини бойка мають між собою пружний зв'язок за допомогою силової пружини 14 і жорсткий зв'язок за допомогою шпонок 2, що дозволяють їм здійснювати відносні осьові переміщення і спільне обертання. Між внутрішньою і зовнішньою веденими частинами бойка, що контактують один з одним на шестигранній напрямній поверхні (перетин Б-Б), встановлені пружини 6 і кульки 11 фіксаторів. Це дозволяє їм спільно обертатися і за наявності певної осьової сили зміщуватися один відносно одного. На ковадлі і внутрішній веденій частині бойка, зв'язаних між собою поворотною пружиною стискування 10, є робочі торцеві кулачки 9 і 16, які орієнтовані один відносно одного (перетин А-А). Поворотна пружина встановлена на трубчастому елементі, що має торцеві кулачки 17 і виконаному суцільно з ковадлом.

Взаємодія елементів ударного механізму в процесі роботи можна розділити на чотири етапи.

На першому етапі після включення живильника відбувається розгін бойків. Ролики знаходяться під дією відцентрових сил, які ще не досягають величини, достатньої для їх зсуву до периферії.

На другому етапі кутові швидкості частин ударного обертального механізму досягають заданого значення. Ролики зміщуються в радіальному напрямі, взаємодіючи при цьому з конічними поверхнями ведучої і внутрішньої веденої частин бойка.

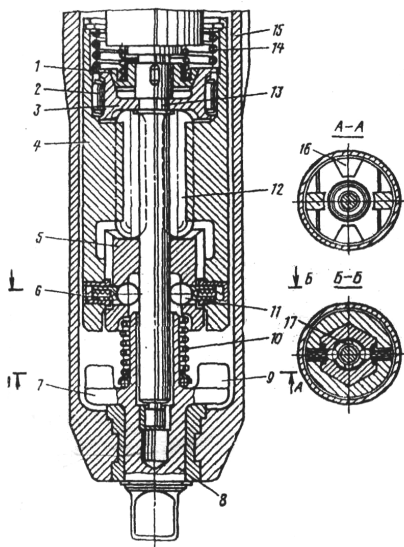


Рис. 5.19. Ударний механізм рідкоударного робочого органу:
 1 – муфта; 2 – шпонка; 3 – провідна частина бойка; 4 – зовнішня ведена частина бойка; 5 – внутрішня ведена частина бойка; 6 – пружина фіксатора; 7 – ковадло; 8 – шпindel; 9 – робочі кулачки ковадла; 10 – поворотна пружина; 11 – кулька фіксатора; 12 – відцентрові вантажі; 13 – привідний вал; 14 – силова пружина; 15 – корпус ударного механізму; 16 – робочі кулачки веденої частини бойка; 17 – торцевий кулачок трубчастого елемента

обертання, а ведені частини бойка під дією силової і поворотної пружин займають вихідне положення.

Далі ударний цикл повторюється.

Принцип дії імпульсно-фрикційного гайковерта базується на ефекті імпульсної передачі енергії, накопиченої маховиком, на шпindel через фрикційний пакет за допомогою пневмосистеми.

Трансформація в імпульсно-фрикційному робочому органі кінетичної енергії маховика в роботу згвинчення за допомогою фрикційної взаємодії дозволяє істотно підвищити енергію обертового імпульсу порівняно з енергією одиничного удару в ударно-

Як результаті обидві ведені частини бойка, будучи зв'язаними фіксаторами, переміщуються в осьовому напрямі у бік ковадла, розтягуючи силову і стискуючи поворотну пружини. Це продовжується, доки кульки фіксаторів не почнуть взаємодіяти з торцевими кулачками трубчастого елемента. У цей момент порушується жорсткий осьовий зв'язок між веденими частинами бойка.

На третьому етапі зовнішня ведена частина бойка під дією силової пружини рухається у зворотному напрямі, а визволена внутрішня ведена частина під дією роликів «вистрілюється» у бік ковадла. Під час зачеплення робочих кулачків бойків з робочими кулачками ковадла відбувається удар, що крутить, за якого накопичена кінетично енергія мас, що обертаються, передається в нарізне з'єднання. При цьому бойок повністю загальмовується.

На четвертому етапі за відсутності відцентрових сил ролики зміщуються до осі

обертальних робочих органах і внаслідок цього здійснювати згвинчування за один імпульс.

Робота гайковертів з вібраційним принципом дії ґрунтується на принципі додатка до гайки змінного крутного моменту, який найпростіше досягається підсумовуванням симетрично змінювального моменту від звичайного збудника кутових коливань і знакозмінного моменту направленного на згвинчування.

Змінна складова моменту, долаючи тертя в нарізному з'єднанні, забезпечує постійне симетричне прослизання гайки то на затягування, то на відгвинчування, а постійна складова повертає гайку, долаючи лише корисний момент у нарізі, зумовлений її нахилом.

На схемі (рис. 5.20) кінематичні ланцюги постійного моменту віброзбудника 3 мають привід від двигуна 1 через диференціальний редуктор 2. Останні елементи розміщені в корпусі 4.

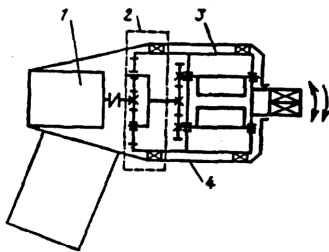


Рис. 5.20 Схема вібраційних згвинчувальних робочих органів

Для генерування кутових коливань використовуються дисбалансні, бігункові і гіроскопічні збудники. У дисбалансних і гіроскопічних збудниках відцентрові сили повністю сприймаються вальніцями, в бігункових – поверхнею обкатки. Тому останні є довговічнішими і рекомендуються для робочих органів з великими моментами затягування.

Оптимальний діапазон частот коливань у розглянутих збудників змінюється від 10 до 100 Гц.

Крім того, дослідженнями встановлено, що під час вібраційного згвинчування спостерігається істотне зниження коефіцієнтів тертя в нарізному з'єднанні. Крутний момент на шпинделі робочого органу може бути понижений на 1,7–2,0 рази порівняно з рекомендованими моментами відгвинчування.

Слід проте відзначити, що гайковерти з пневматичним приводом мають низький к.к.д. (7–11%), високий рівень шуму і вібрацій, а також їх енерговитрати, визначувані витратою стислого повітря, збільшуються за обертів холостого ходу.

Водночас гайковерти з гідравлічним приводом мають досить високий к.к.д. (50–60%), безшумність, але мають велику масу.

РОЗДІЛ 6

РЕМОНТ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ТРАКТОРІВ І АВТОМОБІЛІВ

6.1. Ремонт двигунів

Серед агрегатів тракторів і автомобілів найменш довговічний – двигун. За його ресурсом визначають міжремонтні строки служби машин. Складові частини двигуна мають різний ресурс.

Найшвидше зношуються поршневі кільця, поршні, циліндри, клапани, шийки колінчастого вала, його шатунні і корінні вкладиші. Ці елементи двигуна належать до відповідальних складальних одиниць деталей, для усунення несправностей яких розроблено прогресивні технологічні процеси.

Ремонт кривошипно-шатунного механізму. Ремонт колінчастих валів, пальців і шатунів розглянуто у розділі 4 «Технологія усунення дефектів типових деталей».

Комплектування шатунно-поршневої групи. Комплекти шатунів у складі з накривками, болтами і гайками підбирають за масою і міжосьовою відстанню отворів головок. Маса шатуна позначається тризначним числом, вибитим на торці нижньої головки. Для зрівноваження маси обпилюють метал стрижня шатуна на лінії розімання штампів на глибину до 1 мм.

Різниця у масах деталей у комплекті для одного двигуна під час його роботи призводить до виникнення неврівноважених сил інерції, що викликає вібрацію і прискорене зношування деталей двигуна. Різниця мас шатунів в одному комплекті для дизельних двигунів СМД та ЯМЗ не має перевищувати 10 та 20 г відповідно.

У поршні зношуються канавки під кільця і отвори у бобишках. Відновлюють поршневі канавки плазово-дуговим наплавленням, а зношені отвори у бобишках під поршневий палець, розвертають ручною розтискною розверткою. Овальність, конусність і неспіввісність отворів бобишок поршня не мають перевищувати 0,01 мм. Допускається не перпендикулярність загальної осі отворів бобишок до осі поршня до 0,03 мм, на довжині 100 мм.

Поршні підбирають за розмірною групою і масою. Значення маси поршня і маркування розмірної групи вибиті на днищі.

Попередньо комплект поршнів підбирають у межах допустимої різниці у масі за цифровим маркуванням на днищі, а кінцево — за результатами зважування. Комплект, поршнів, підібраний за масою, має бути однієї розмірної групи. Поршні з гільзами комплектують за зазором між поршнем (за юбкою) і гільзою, позначені літерами, напри-

клад Б, С, М, (СМД), А, АА, ААА, АААА, ААААА, АААААА, або А, Б, В, Г, Е, Ж (ЯМЗ), які вибиті на днищі поршня і верхньому торці гільзи. Різниця мас поршнів і шатунів у складі з поршнями допускається відповідно 17 і 30 г залежно від марки двигуна.

Кільця масляні і компресійні підбирають за розміром гільз і висотою канавок на поршні та перевіряють на спеціальному приладі, на пружність, яка має бути для компресійних кілець 15-75Н, маслознімних — 18-52Н за зазору у стику — 0,3–0,6 мм (залежно від марки двигуна). Короблення торцевих поверхонь поршневих кілець допускається не більше 0,06 мм. Під час перевірки на фарбу між двома плитами за маси верхньої плити 3 кг пляма контакту має бути не менше 75% загальної площі всієї поверхні для компресійних кілець і 65% для маслоз'ємних. Пляма контакту має охоплювати все коло, його розрив допускається на довжині не більше 8 мм. Колювання товщини для одного кільця допускається не більше 0,08 мм. Можливе підганяння поршневих кілець за висотою шліфуванням їх на плоскошліфувальному станку з магнітним столом або вручну на плиті, покритій наждачним папером. Для перевірки зазору у стику поршневі кільця встановлюють у циліндр строго у площині, перпендикулярній осі, і перевіряють щупом. Контролюють також якість прилягання кілець до стінки циліндра на просвіт. Просвіт між кільцем і гільзою не має перевищувати 0,02 мм на дузі 25–30° і ближче 30 мм від стику.

Вкладиші підбирають за розмірами шийок колінчастого вала і висотою Н. У спеціальному пристрої (рис. 6.1) вкладиш уставляють у гніздо, діаметр якого D дорівнює номінальному діаметру отвору нижньої головки шатуна під вкладиш. Один стик впирається у виступ пристрою, до другого прикладають навантаження, яке змінюється залежно від номера ремонтного розміру.

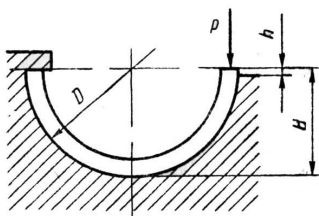


Рис 6.1. Схема перевірки шатунних вкладишів за висотою

вирині діаметра D , мм; h — виступаюча частина вкладиша на стику під навантаженням P , яка дорівнює 0,07–0,12 мм.

Поршневі пальці підбирають так, щоб вони мали одну розмірну групу з отворами у бобишках поршнів. Розмірні групи на поршні і

Під час вимірювання висоти вкладишів двигунів навантаження становить 6–13 кН. Із збільшенням товщини вкладишів (номеру ремонтного розміру) навантаження зростає. Висота вкладиша за такого вимірювання має бути: $H=r+h$, де r радіус гнізда пристрою, який, дорівнює поло-

поршневому пальці маркують фарбою, літерними або цифровими індексами. На поршні маркування нанесено на бобишці, а на поршневому пальці — на внутрішній поверхні або торці.

Різниця у масі поршневих пальців, які встановлюються на один двигун, залежно від марки не має перевищувати 6–10 г, різно-стінність – 0,5 мм.

Втулки за зовнішнім діаметром підбирають відповідно до діаметрів верхньої головки шатуна, а за внутрішнім — за діаметром пальця з урахуванням припуску на обробку.

Складання шатунно-поршневої групи починають із запресування втулок у верхню головку шатуна з натягом 0,03–0,12 мм для дизелів різних марок. Шатун закріплюють на алмазно-розточувальному верстаті УРБ-ВП і розточують втулку з припуском: на розкатування 0,04–0,06 мм, дорнування 0,08–0,15 мм або розвірчування 0,05–0,08 мм відносно нормального діаметра поршневого пальця.

Втулку розкатують імпульсною розкаткою на вертикально-свердильному верстаті, дорнують під пресом з механічним приводом за безперервної подачі дорна, змащеного дизельним маслом. Контролюють відхилення від паралельності осей отворів у втулці і нижній головці шатуна відповідно до технічних вимог. Складають нижню головку з вкладишами і болтами. Болти мають входити в отвори від легких ударів молотка масою 200 г.

Масляні канали шатуна промивають, продувають повітрям. Поршні нагрівають в електрошафі або масляній ванні до температури 80–90 °С і у поршневих затискачах з'єднують із шатуном поршневим пальцем, установивши попередньо в одну з бобишок стопорне кільце за допомогою спеціальних щипців. Потім вкладають друге стопорне кільце в канавку отвору бобишки. Пальці мають вільно входити в отвір поршня. Кільця встановлюють на поршень за допомогою спеціального пристрою (рис. 6.2). Вони мають вільно перемищуватися у канавках.

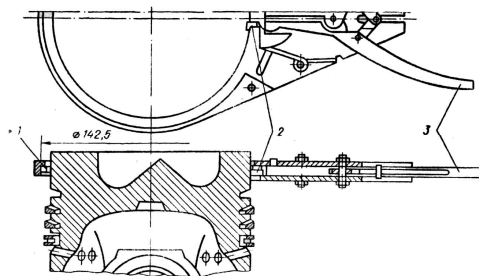


Рис. 6.2. Пристрій для знімання і надівання поршневих кілець:

1 – поршневе кільце; 2 – губки; 3 – рукоятка

Кільця встановлюють на поршень меншим діаметром догори (компресійне — виточкою догори). Під час складання стежать за правильним розміщенням шатуна за інструкцією заводу-вироблювача.

Ремонт газорозподільного механізму. Зношування деталей механізму газорозподілу призводить до порушення фаз газорозподілу, і, як наслідок, до втрати потужності двигуна, збільшення витрати палива.

Головка блока циліндрів. Основними дефектами є тріщини і пробоїни, короблення площини рознімання з блоком циліндрів; зношування і прогорання фасок клапанних гнізд (сідел); зношування втулок клапанів, різьби шпильок і різьбових отворів; втрата герметичності водяної сорочки; поява тріщин і обгорання стінок камери згоряння.

Перед ремонтом головки циліндрів випробовують на герметичність стінок і ущільнень за тиску води 0,4–0,5 МПа. Підтікання і потіння стінок головки циліндрів протягом 5 хв не допускаються.

Технологія відновлення головок циліндрів, які мають тріщини і пробоїни у стінках, аналогічна технології усунення вказаних дефектів у корпусних деталях і розглянута у розділі 4.

У випадку короблення нижньої площини головки блока понад 0,15 мм її шліфують або фрезерують мінімальним зніманням металу.

Найпоширеніший дефект головок циліндрів — зношування робочої фаски клапанних гнізд. Його усувають фрезеруванням. Для цього застосовують набір із чотирьох спеціальних фрез (рис. 6.3). Спочатку клапанне гніздо головки обробляють чорною, фрезою до повного зникнення слідів зносу. Потім надають фасці необхідної ширини, обробляючи послідовно фрезами з різними кутами різальної кромки. Далі остаточно обробляють фаску чистою фрезою. Після фрезерування фаска має бути завширшки 1,5–4,5 мм для різних головок блока циліндрів. Шорсткість поверхні після фрезерування — не більше $Ra_{2,5} \text{ мкм}$, радіальне биття фаски відносно отвору втулки клапана — 0,05 мм. Для отримання гладенької поверхні фасок після фрезерування шліфують гнізда абразивним наконечником. Граничний діаметр гнізда клапана встановлюють за величиною заглиблення тарілки нового (номінального розміру) клапана. Номінальний розмір заглиблення клапана визначають за технічними вимогами на капітальний ремонт відповідної марки двигуна.

Зношені клапанні гнізда відновлюють наплавленням або кільцюванням. У випадку ремонту клапанних гнізд запресовуванням кілець гнізда розточують на певну глибину з великою точністю (допустима овальність гнізд до 0,05 мм, конусність — 0,2 мм) і запресо-

вують у них кільця з натягом 0,14–0,15 мм, виготовлені із спеціального (перлітного) чавуну. Для полегшення їх установлення і збільшення міцності посадки головки блока нагрівають до температури 380–420 °С, а кільця охолоджують у сухому льоді або головку нагрівають до 90 °С, а кільця охолоджують у рідкому азоті. Після запресовування на кільцях фрезерують фаски.

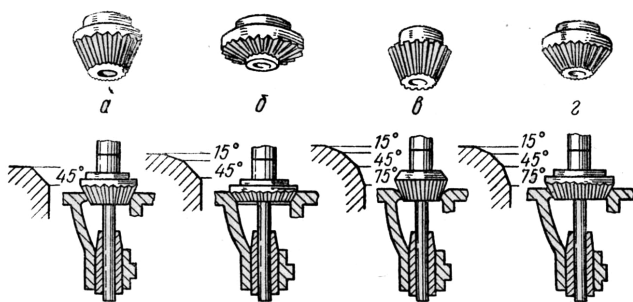


Рис. 6.3. Обробка клапанного гнізда фрезами.
Фрезерування під кутом:

а – 45°; *б* – 15°; *в* – 75°; *г* – чистове під 45°

Напрямні втулки клапанів підлягають заміні за ослаблення їх посадки або значних зносах внутрішньої поверхні. Під час запресовування напрямних втулок забезпечують натяг 0,002–0,01 мм, внутрішній діаметр розвертають за розміром стрижня клапана. Щоб уникнути заміни напрямних втулок із зношеними отворами, але з нормальною посадкою за зовнішнім діаметром, в отворах втулок нарізають мітчиком різьбу, знежирюють її поверхню ацетоном, заповнюють отвір епоксидним клеєм наповнювачем якого є графіт. Після термічної обробки отвір втулок за кондуктором розсвердлюють, потім розвірчують за розміром стрижня клапана.

Зношену зовнішню поверхню напрямної втулки відновлюють накатуванням зубчастим роликком або термічним способом, повільно нагріваючи їх у печі зі швидкістю 250–300 °С/год до температури 700 °С з витримкою 10–40 хв (залежно від потрібного збільшення за діаметром) і подальшим повільним охолодженням. У цьому випадку діаметр збільшиться на 5–18 мкм.

Зношування або зривання різьби отворів усувають за допомогою спіральних вставок, нарізанням різьби збільшеного розміру або встановленням додаткової вставки, у якій нарізають різьбу номінального розміру. Шпильки за такого дефекту замінюють.

Клапани можуть мати знос та підгоряння робочих фасок тарілок, знос поверхні стрижня і його торця. Робочі фаски клапанів і

торці стрижня шліфують, попередньо перевіривши прямолінійність стрижня клапана. Допускається відхилення 0,05 мм. Після перевірки биття стрижня клапан установлюють у цанговий патрон станка під кутом 45° і шліфують фаску. Після шліфування на поверхні тарілки не має залишитися рисок і задирок, а циліндричний поясок має бути висотою 1,1–1,3 мм. Шорсткість фаски після обробки — не більше $R_a = 0,63$ мкм, а биття відносно осі поверхні стрижня — не більше 0,03 мм.

Гранично зношені тарілки клапанів (поясок заввишки менше 0,5 мм) відновлюють плазовим напиленням, наплавленням СВЧ шихти із жароміцних матеріалів (ВКЗ, ЭП616 І сормайт) і електроконтактним напиленням металевих порошків.

Зношені стрижні клапанів шліфують на зменшений розмір, нарощують залізненням або хромуванням. Овальність і конусоподібність стрижня клапана після шліфування не повинні перевищувати 0,02 мм, а шорсткість — $R_a = 0,32$ мкм.

Пружини клапанів. Дефектами їх є втрата пружності і усадка від постійно діючих знакозмінних навантажень. Контроль пружності клапанних пружин перевіряють на приладі і визначають силу їх стискання, порівнюючи з технічними умовами. Пружини, у яких пружність менше допустимої, відновлюють накачуванням роликом або способом термічної фіксації на установці, де її розтягують затискачами пристрою до необхідної довжини, пропускають через неї електричний струм, нагріваючи до 400–450 °С, і охолоджують на повітрі.

Складання головки циліндрів і притирання клапанів. Головки циліндрів складають на спеціальному стенді (столі) або із застосуванням кантувачів. Спочатку запресовують напрямні втулки і підбирають за ними клапани перед притиранням їх до гнізд. Втулки з буртиком запресовують до упору, а без буртика — до висоти, допустимої технічними вимогами. Зазор між стрижнем впускного клапана і втулкою — 0,03–0,07 мм, а впускного і втулкою — 0,07–0,011 мм.

Для більшого прилягання до гнізда клапани притирають на спеціальних станках типу ОПР-1841А (рис. 6.4) або на стендах.

Цим досягається необхідна герметичність клапанної пари. На фаски клапанів і гнізд головки циліндрів наносять притальну пасту (карбід бору М40 – 10%, мікрокорунд М20 – 90%: електрокорунд зернистий М 14 – 87% парафін – 13%), яку розводять у дизельному маслі до сметаноподібного стану. Для підвищення якості і продуктивності процесу притирання клапанів рекомендується до пасти додавати поверхнево-активні речовини, наприклад олеїнову або стеаринову жирну кислоту. Продуктивність процесу у цьому випадку зростає на 50–60%.

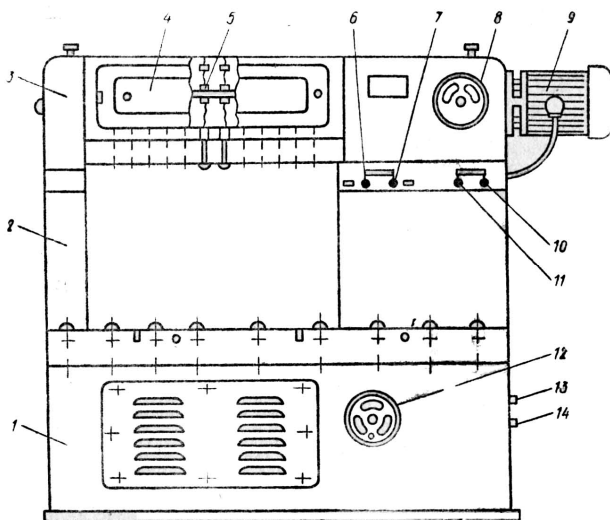


Рис. 6.4. Загальний вигляд верстата ОПР-1841А:

1 – станина; 2 – стоек; 3 – кожух; 4 – накривка блока шпинделів; 5 – привод шпинделів; 6 – кнопка підймання блока; 7 – кнопка опускання блока; 8 – маховик переміщення корпусу шпинделів; 9 – електродвигун; 10 – кнопка «Стоп»; 11 – кнопка «Робота»; 12 – маховик підймання і опускання площадки; 13 – кнопка вмикання подачі струму, 14 – кнопка вимикання подачі струму

Для притирання клапанів, які мають гнізда із сірого чавуну, рекомендується застосовувати суміш з 40% шліфувального порошку із сірого електрокорунду зернистістю М 14 або М 20, 55–58% дизельного масла і 2–5% олеїнової або стеаринової кислоти. Після притирання шорсткість поверхні становить $R_a=0,63\text{--}0,32$ мкм, а ширина матового безперервного пояса – не менше 1,5 мм (рис. 6.5).

Допускається різниця ширини не більше 0,5 мм. На деяких ремонтних підприємствах застосовують технологію ремонту без притирання. В основу цього методу покладено складання спряжень клапан – сідло (гніздо) клапана, виконаних з різними кутами. Фаску клапана шліфують на кут 44° у спеціальному пристрої, а кут фаски сідла залишають без змін. Кут, який виникає при цьому, забезпечує потрібну герметичність клапанної пари без притирання, сприяє швидкому припрацюванню з'єднаних поверхонь. Герметичність прилягання кожного притертого клапана до сідла головки блока перевіряють пневматичним пристроєм (рис. 6.6). У порожнину стакану, встановленого над клапаном, грушею накачують по-

вітря під тиском 0,04-0,07МПа, який визначають за манометром, з'єднаним з порожниною стакана. Падіння тиску протягом 30 с вказує на негерметичність спраження і неякісне притирання клапана. У цьому випадку притирання повторюють.

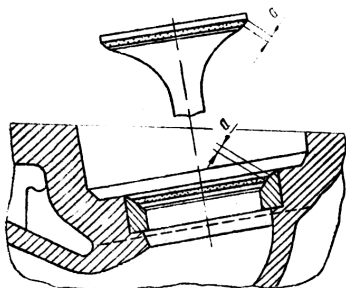


Рис. 6.5. Розміщення матових поясків на притертих поверхнях робочих фасок сідла і клапана

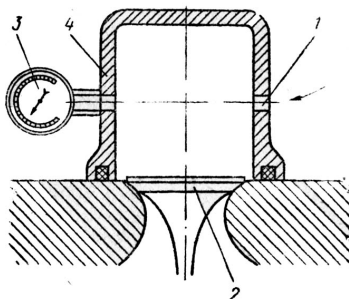


Рис. 6.6. Перевірка герметичності клапанів пневматичним пристроєм:

1 – отвір для підведення стиснутого повітря; 2 – клапан; 3 – манометр; 4 – стакан пристрою

Після притирання клапани та їх гнізда потрібно ретельно промити, при цьому не можна розкомплектовувати пару. Під час складання клапани ставлять по гніздах відповідно до розмітки, за допомогою пристрою стискають пружини із сухариками. Останні мають щільно прилягати до виточки у стрижні клапана і до сідла клапанної пружини.

Пружини перевіряють на пружність за допомогою пристрою. Їх підбирають так, щоб вони були однаковими за висотою і пружністю. Валик коромисел (вісь) за зношування зовнішньої поверхні відновлюють хромуванням або залізненням. Зігнутий валик правлять без нагрівання. Після остаточної обробки овальність посадочних місць під коромисла допускається до 0,02 мм, а непрямолінійність за всією довжиною – не більше 0,02 мм.

Коромисла клапанів із втулками можуть мати знос бойків та внутрішньої поверхні втулок і різьби під регулювальний гвинт.

У випадку зношування поверхонь бойка у допустимих межах (не більше 2 мм) його шліфують за радіусом до виведення слідів зносу і полірують до шорсткості не менше 0,63–0,32 мкм. Якщо бойок зносився понад допустимі значення, його наплавляють порошком ПГ-СР4 газопорошковим наплавленням. Зношену втулку замінюють.

При цьому обробляють фаски $1,0^{+0,25} \times 45^\circ$ з двох боків, запресовують втулку, потім її роздають або розвертають отвір втулки до нормального або ремонтного розміру, а також прошиванням ущільнюють внутрішню поверхню.

Штовхачі. У них зношуються поверхні стрижня і тарілки. Стрижні відновлюють залізненням або хромуванням. У випадку зношення робочої поверхні тарілки штовхача до 0,3 мм її шліфують. Великі ж зноси усувають газопорошковим наплавленням порошком ПГ-СР4 і обробляють під нормальний розмір.

Ремонт системи мащення. *Масляні насоси.* Їх загальний стан (тиск і продуктивність) перевіряють на стендах типу КИ-27526. Зниження продуктивності допускається на 10-12% номінальних значень.

Основною причиною зниження продуктивності є збільшення торцевого і радіального зазорів у з'єднаннях шестерень із корпусом, а також між опорними поверхнями валиків шестерень і отворами втулок. Воно має не перевищувати 0,2–0,3 мм (визначають за допомогою індикаторних пристроїв).

Основними дефектами деталей масляних насосів можуть бути зноси корпусу насоса у місцях з'єднання з торцями шестерень, площин накривок (проставок) і торцевої поверхні шестерень, поверхонь валиків, осей і втулок, втрата герметичності клапанів, зривання різьби і знос шліців валиків.

Для відновлення бокових гнізд корпусу насоса існує кілька способів. Перший полягає у зміщенні осей обертання шестерень у бік всмоктування. У цьому випадку ексцентрично розточують отвір під валик насоса і вісь веденої шестірні (під встановлення у них проміжних сталей втулок) і гнізда під шестерні. Зміщенням осей на 0,7–0,8 мм досягають необхідної герметизації зубів шестерень з боковими поверхнями гнізд.

Другий спосіб передбачає розточування зношених бокових поверхонь гнізд і встановлення ремонтних вкладишів з наступним їх розточуванням до номінального або ремонтного розміру.

Третім способом ремонтують зношені гнізда корпусу під номінальний розмір за допомогою епоксидного компаунда А. Його нагнітають у зазор між корпусом насоса і шаблоном, зовнішній розмір якого відповідає номінальному діаметру гнізд напірних шестерень.

Знос накривки понад 0,05 мм за глибиною у місцях контакту із шестернями усувають шліфуванням, точінням або фрезеруванням. Дopusкається неплоскостність до 0,03 мм на 100 мм довжини. Зношені втулки у накривці і корпусі замінюють новими, а потім розвертають їх під ремонтний розмір.

Шестерні масляних насосів із зносом зубів за висотою і довжиною, з ризиками і задирками перешліфовують під ремонтний розмір.

Шийки валів ведучих шестерень масляного насоса відновлюють хромуванням або залізненням.

Зношені отвори клапана плунжерного типу розвертають до виправлення геометричної форми, виготовляють по отвору новий клапан, а потім їх разом притирають.

Герметичність кулькових клапанів відновлюють зенкуванням гнізда до виведення слідів зносу з подальшим осадженням кульки за місцем.

Масляні фільтри. Фільтрувальні елементи масляних фільтрів забруднюються і втрачають свою пропускну здатність, а в разі пошкоджень пропускають забруднене масло. Основними дефектами фільтрів можуть бути тріщини і обломи корпусу, зноси втулок і осей, зривання різьби, порушення герметичності клапана.

Різьбові отвори, тріщини і негерметичність відновлюють раніше описаними способами. Шийки осі ротора, зношені на 0,1 мм і більше, шліфують на круглошліфувальному верстаті до виведення слідів зносу (ремонтного розміру) або відновлюють електролітичним нарощуванням. Втулки осі розвертають відповідно під розмір шийок осі до нормального або ремонтного розміру, забезпечуючи зазор у спряженні 0,02–0,05 мм.

Ремонт системи охолодження. *Дефектами деталей водяного насоса* можуть бути: тріщини корпусу; зривання різьби в отворах; знос посадочних місць під вальниці і упорну втулку, а також під крилатку на валику, під втулки, сальники і шківні вентиляторів; знос, тріщини і корозія поверхні лопаток крилатки; знос внутрішньої поверхні втулок.

Тріщини у корпусах усувають способами, описаними у розділі 4.

На зношені посадочні місця під вальниці наносять шар металу залізненням або суміш на основі епоксидної смоли. Потім їх розточують до нормального розміру. Пошкоджені поверхні під втулки розвірчують до виведення слідів зносу, потім запресовують ремонтні втулки з натягом 0,015–0,045 мм. Після запресування втулки розвірчують. Нерівності торцевих поверхонь корпусів усувають шліфуванням. Торцеве биття має не перевищувати 0,1 мм.

Зношені посадочні місця валика водяного насоса під вальниці і сальники, а також пошкоджену різьбову поверхню наплавляють у середовищі вуглекислого газу, шпонкові пази за зазору понад 0,05 мм фрезерують під збільшений розмір.

Дефекти вентиляторів – спрацювання посадочних місць під вальниці у шківів і конічної поверхні жолоба під пас; послаблення заклепок, згин лопатей і хрестовини.

Зношені посадочні місця шківів розточують і на епоксидній суміші, встановлюють втулку, яку потім розточують до нормального розміру. Посадочні місця можна відновлювати залізненням, з подальшим розточуванням. Ручаї шківів, зношені понад 1 мм, проточують до виведення слідів зносу. Ослаблені заклепки підтягують, а якщо отвори під заклепки мають овальну форму, їх свердлять і ставлять заклепки збільшеного діаметра. У випадку заміни лопатей різниця у масі має не перевищувати 3–5 г.

Перед складанням необроблені поверхні чавунних деталей водяного насоса покривають ґрунтіркою (ГФ-0119, ГФ-021), а торець втулки – тонким шаром олійного колоїдно-графітового мастила (60% дизельного масла і 40% графіту), вальничну порожнину корпусу водяного насоса заповнюють мастилом Літол-24 і І-13 (40–50 г).

Під час складання у крилатку встановлюють упорну пружину, кільце манжети, манжету і обойму сальника, ущільнювальну шайбу і стопорне кільце. Напресовують кулькову вальницю на валик за допомогою преса і вставляють шпонку. Монтують корпус водяного насоса на пристрій, запресовують опорну втулку манжети, валик, у складі і ставлять стопорні кільця. Напресовують шків, крилатку і накривку насоса, вкручують кутник і кінцевий ніпель.

Гайку кріплення маточини шківів затягують моментом не менше 120Н·м. Зазор між лопатями крилатки і торцем корпусу водяного насоса має становити 1,2 мм (Д-240 не більше 1 мм). Допускається виступання до 0,4 мм.

Шків вентилятора балансують статично. Допустима незрівноваженість для двигунів типу СМД, ЯМЗ становить відповідно 0,05 і 0,02Н·м. Випробування і обкатування водяного насоса виконують на стенді КИ-16378. Підтікання води не допускається. Випробування на герметичність проводять протягом однієї хвилини за тиску 0,1–0,2 МПа без обертання і з обертанням вала насоса.

Вентилятори балансують статично. Залишковий дисбаланс вентиляторів для різних двигунів не більше 0,025–0,050Н·м. Балансування виконують приварюванням металічних пластин на неробочий бік лопаті.

Ремонт системи живлення. Техніко-економічні показники дизелів в основному визначаються станом паливної апаратури. Порушення її регулювання може призвести до зниження потужності і погіршення економічності дизеля на 25–35%. Ознаками несправності системи живлення є утруднений запуск дизеля, зниження номінальної потужності і максимального крутного моменту, нестійка

робота, підвищена димність відпрацьованих газів, погіршення економічності тощо.

У випадку виявлення несправності системи живлення контролюють технічний стан її складових частин - насоса високого тиску, підкачувального насоса, форсунок, фільтрів, паливопроводів.

Конструкційні особливості паливної апаратури, яку установлюють на сучасних дизелях, можливо розглянути на прикладі двигунів, якими комплектують вітчизняний трактор типу Т-150 – СМД, ЯМЗ, ДОЙТЦ.

На двигунах типа СМД встановлюється двосекційний паливний насос високого тиску розподільного типа, об'єднаний в один агрегат зі всережимним регулятором, паливопідкачувальним насосом і муфтою випередження уприскування НД-22/6 (рис.6.7).

Кожна секція паливного насоса подає паливо в три циліндри. Нагнітається паливо за рахунок поступальної ходи плунжера, що надається йому кулачковим валом через роликівий штовхач, а розподіл палива по циліндрах забезпечується за рахунок обертання плунжера через конічний передавач. Синхронізація обертання плунжерів забезпечується за рахунок проміжної шестірні.

Регулятор паливних насосів НД – механічний, всережимний, прямої дії. Він розташований в одному корпусі з паливним насосом. Валик 13 регулятора ПНВД установлений на двох кулькових вальніцях. Маточина 31, з вантажами зв'язана з валиком регулятора демпферною пружиною 34. Один кінець пружини, пов'язаний з валиком, інший – з маточиною. Таке з'єднання оберігає регулятор від впливу різких коливань навантаження на дизель.

Під час пуску дизеля важіль управління і розташований на одній осі з ним важіль пружини регулятора 14 установлюють в середнє положення. Пускова пружина 28 долає незначну відцентрову силу вантажів, переміщає дозатор у бік збільшення подачі палива. Регулюють пускову подачу поворотом ексцентрикового пальця 8, що сполучає основний важіль 26 з тягою 9. Ексцентриковий палець фіксується болтом 27.

Частота обертання початку дії регулятора визначається за закрученого цілком механічного коректора 13 з накривки регулятора 16 і загорнутого до упору обмежувача димлення. Регулювання виконують гвинтом 15, що обмежує положення важеля пружини регулятора. За частоти обертання, відповідній початку дії регулятора, встановлюється номінальна подача палива. Потім перевіряють частоту обертання повного автоматичного відмикання подачі палива і в разі невідповідності змінюють кількість робочих витків пружини регулятора 22.

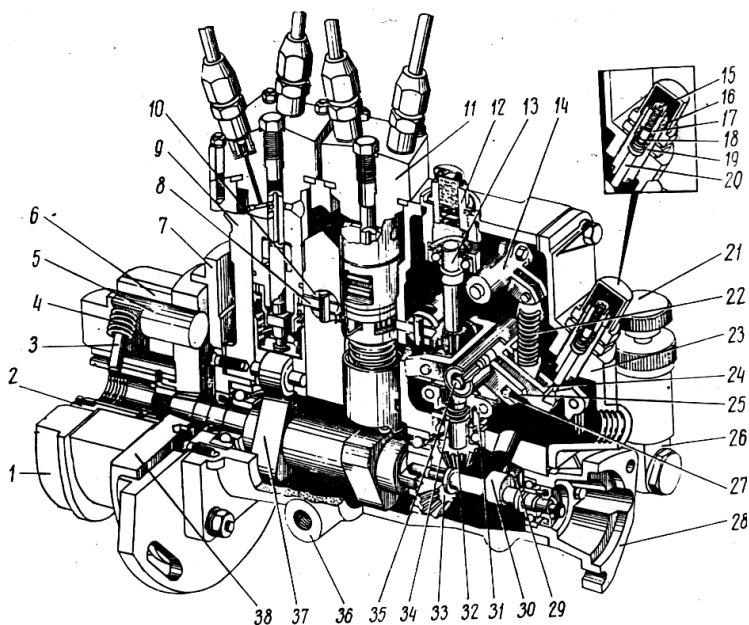


Рис.6.7. Паливний насос:

1 – напівмуфта ведуча; 2 – втулка ведучої напівмуфти; 3 – обмежувач; 4 – пружина муфти автоматичної; 5 – вісь вантажу; 6 – вантаж муфти автоматичної; 7 – фланець установчий; 8 – шестірня проміжна приводу обертяння плунжера; 9 – корпус паливного насоса; 10 – кронштейн проміжної шестірні; 11 – секція високого тиску; 12 – сапун; 13 – вал регулятора; 14 – важіль пружини регулятора; 15 – обмежувач ходу штока коректора; 16 – гайка контровочна; 17 – гвинт коректора; 18 – пружина коректора; 19 – корпус коректора; 20 – шток коректора; 21 – ручка приводу насоса паливопідкачувального; 22 – пружина регулятора; 23 – накривка з коректором; 24 – важіль коректора; 25 – важіль вильчатий регулятора; 26 – насос паливопідкачувальний; 27 – вісь серги пружини; 28 – корпус приводу тахоспідометра; 29 – штовхач паливопідкачувального насоса; 30 – вал ексцентриковий; 31 – маточина регулятора; 32 – шестірня ведена; 33 – шестірня ведуча; 34 – пружина демпферна; 35 – вісь вильчатого важеля регулятора; 36 – отвір для зливу масла з корпусу паливного насоса; 37 – вал кулачковий; 38 – полумуфта ведена

Величину номінальної подачі палива регулюють за номінальної частоти обертяння закручуванням корпусу механічного коректора 13 в задню накривку 16.

Нерівномірність подачі палива між двома насосними секціями регулюють зміною довжини регульовальної тяги, що сполучає приводи дозаторів першої і другої секцій. Нерівномірність подачі палива між штуцерами однієї секції регулюють підбором деталей нагнітального або зворотного клапанів.

Ступінь корекції подачі палива за частоти обертання максимального крутного моменту порівняно з номінальною регулюють зміною зусилля пружини і ходу штока коректора 14, 15.

Відмінність системи живлення двигунів ЯМЗ (рис. 6.8.) – рядний паливний насос високого тиску, також об'єднаний в один агрегат зі всережимним регулятором, паливопідкачувальним насосом і муфтою випередження вприскування.

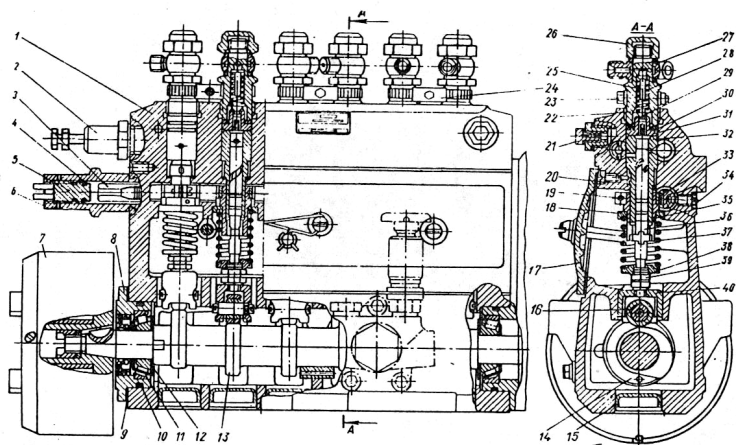


Рис. 6.8. Паливний насос високого тиску:

- 1 – корпус насоса; 2 – перепускний клапан; 3 – рейка; 4 – кільце ущільнювача; 5 – гвинт-обмежувач; 6 – втулка; 7 – муфта випередження вприскування; 8 – накривка вальниці; 9 – регульовальні прокладки; 10 – кільце ущільнювача; 11 – роликова конічна вальниця; 12 – шайба; 13 – кулачковий вал; 14 – опора кулачкового вала; 15 – заглушка; 16 – ролик штовхальника; 17 – накривка; 18 – верхня тарілка пружини; 14 – стяжний гвинт; 20 – установчий гвинт; 21 – пробка випуску повітря; 22 – штуцер; 23 – стяжний болт; 24 – сухар штуцера; 25 – упор клапана; 26 – ковпачкова гайка; 27 – сполучний ніпель; 28 – пружина нагнітального клапана; 29 – нагнітальний клапан; 30 – прокладка; 31 – сидло нагнітального клапана; 32 – втулка плунжера; 33 – зубчастий вінець; 34 – стопорний гвинт; 35 – втулка зубчастого вінця; 36 – плунжер; 37 – пружина штовхача; 38 – нижня тарілка пружини штовхача; 39 – регульовальний болт; 40 – штовхач плунжера

У корпусі 1 насоса встановлено плунжерні пари, нагнітальні клапани 29 і штуцери 22, до яких через ніпелі 27 приєднано паливопроводи високого тиску.

На внутрішній поверхні втулки плунжера є кільцева канавка, а в стінці радіальний отвір для відведення палива, що просочилося через зазор у плунжерній парі. Ущільнення між втулкою плунжера і корпусом насоса здійснюється гумовим кільцем. З порожнини довкола втулки плунжера паливо, що просочилося, відводиться в канал, що проходить уздовж корпусу насоса. З каналу паливо, що просочилося, відводиться через дренажний трубопровід до паливного бака. Правильне положення втулки 32 плунжера відносно корпусу забезпечується гвинтом 20.

Плунжеру 36 надається рух від кулачкового вала 13 через роликовий штовхач 40. У штовхач укручений регулювальний болт 39, застопорений контргайкою, який служить для регулювання початку подачі палива. Поворот плунжера у втулці 32 для зміни кількості палива, що подається, здійснюється втулкою 35 із зубчастим вінцем 33, що входить у зачеплення з рейкою 3. Кутовим зсувом поворотної втулки відносно зубчастого вінця за ослабленого гвинта 19 регулюється подача палива кожною секцією насоса.

Кулачковий вал обертається в роликових конічних вальниціях 11 і проміжній опорі 14. Осьовий люфт кулачкового вала в межах 0,01–0,07 мм встановлюється набором регулювальних прокладок 9.

Рійка паливного насоса переміщається в напрямних втулках, запресованих у корпус насоса. Виступаючий з насоса кінець рейки захищений втулкою 6, в яку вкручений гвинт 5, що обмежує потужність двигуна на обкатувальний період.

У верхній частині корпусу насоса є канали, якими паливо надходить до плунжерних пар. З боку регулятора канали закриті пробками з гумовими ущільнювальними кільцями. З боку муфти випередження уприскування до каналу, що підводить паливо, приєднується паливопровід, а через перепускний клапан відводиться надлишкова кількість палива. Подовжні канали з боку підведення палива сполучені поперечним каналом. Отвори для випуску повітря закриті пробками 21.

Регулятор частоти обертання – всережимний механічний, змінює подачу палива залежно від навантаження, підтримуючи задану водієм частоту обертання колінчастого вала двигуна. Регулятор встановлений на задньому торці паливного насоса високого тиску (рис. 6.9).

На конусі кулачкового вала встановлена привідна шестірня 7. Обертання від вала насоса на привідну шестірню передається через гумові сухарі 8. Ведена шестірня виконана як одне ціле з валиком 9

державок вантажів і встановлена на двох кулькових вальниціях у стакан 10. На валик 9 напресована державка вантажів 6, на осях якої гойдаються вантажі 5. Вантажі своїми роликками упираються в торці муфти 4, яка через упорну вальницю і п'яту 3 передає зусилля вантажів силовому важелю 27, підвішеному разом з двоплечим важелем 20 на загальній осі.

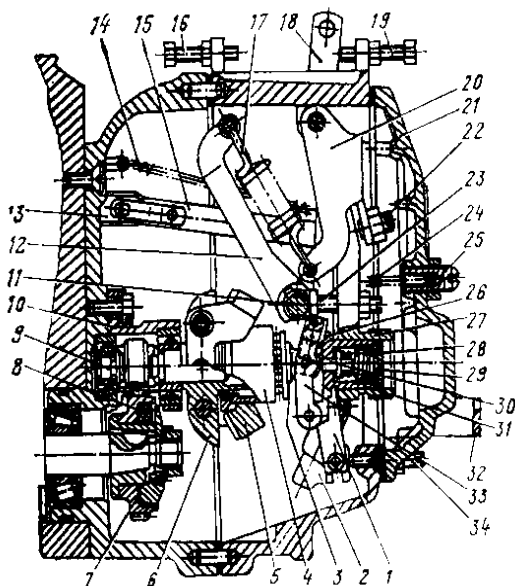


Рис. 6.9. Схема регулятора частоти обертання:

- 1 – важіль рейки; 2 – куліса; 3 – п'ята; 4 – муфта; 5 – вантажі; 6 – державка вантажів; 7 – привідна шестірня; 8 – гумові сухарі; 9 – валик державки вантажів; 10 – стакан; 11 – вал важеля; 12 – важіль пружини; 13 – рейка паливного насоса; 14 – пружина важеля рейки; 15 – тяга; 16 – болт обмеження максимального швидкісного режиму; 17 – пружина регулятора; 18 – важіль управління регулятором; 19 – болт обмеження мінімальної частоти обертання; 20 – двоплечий важіль; 21 – накривка оглядового люка; 22 – гвинт двоплечого важеля; 23 – регулювальний болт; 24 – буферна пружина; 25 – корпус буферної пружини; 26 – куліса коректора; 27 – силовий важіль; 28 – пружина коректора; 29 – пробка; 30 – упор; 31 – втулка; 32 – скоба; 33 – важіль коректора; 34 – гвинт підрегулювання потужності

Муфта з упорною п'ятою в зборі одним кінцем спирається через двадцять сім кульок на напрямну поверхню державки, а за другий кінець підвішена на сережці на важелі 33 коректора, закріпленому на втулці 31 силового важеля 27.

П'ята регулятора зв'язана загальною віссю з важелем 1 рейки і через тягу 15 – з рейкою 13 паливного насоса. До верхньої частини важеля рейки приєднана пружина 14 важеля рейки, а в нижню частину запресований палець, який входить в паз куліси 2. Вал 11 важеля регулятора жорстко зв'язаний з важелем управління 18 і важелем 12 пружин. За важіль пружини і двоплечий важіль 20 зачеплена пружина 17 регулятора, зусилля якої передається з двоплечого важеля на силовий через регулювальний гвинт 22. На силовому важелі є регулювальний болт 23, який упирається у вал важеля регулятора.

У нижній частині силового важеля знаходиться вузол зворотного коректора, що складається з втулки 31, упору 30, пружини 28, пробки 29, куліси 26 і регулювальних шайб.

Подача палива повністю вимикається механізмом останову, що складається з куліси 2, скоби 32 і поворотної пружини, розташованої зовні регулятора під накривкою. Куліса із скобою останову з'єднується пружиною, розташованою усередині куліси і що оберігає механізм регулювальника від надмірних зусиль за вимикання подачі палива. Під час роботи двигуна куліса притиснута зусиллям поворотної пружини до регулятора гвинта 34. Ззаду накривка регулювальника закрита накривкою 21 оглядового люка з буферним пристроєм, що складається з корпусу 25, пружини 24 і контргайки.

На *двигунах ДООТЦ* (рис. 6.10) в блоці циліндрів установлюються 6 індивідуальних паливних насосів, плунжери яких приводяться через штовхачі від кулачкового вала, а регулювання подачі палива здійснюється загальною рейкою, сполученою зі всережимним регулятором, розташованим на торці двигуна. Індивідуальний паливний насос містить плунжерну пару, пружину плунжера 5, що спирається на підп'ятник 6.

Нагнітальний клапан розташований у штуцері 1. Насоси приводяться від кулачкового вала 8 двигуна через штовхачі 7. Зміна подачі палива здійснюється поворотом плунжера рейкою 2 за повідць плунжера 3. Загальна для всіх насосів рейка переміщається розташованим на торці двигуна механічним регулятором. Паливо нагнітається паливним насосом подається коротким паливопроводом 13 до форсунки 12. Така конструкція дозволяє підвищити максимальний тиск палива до 120 МПа (1200 кг/см²).

Індивідуальні паливні насоси виготовляє фірма БОШ (Німеччина) і регулює завод-виготовлювач. Регулювання рівномірності подачі палива циліндрами і кута випередження подачі палива виконується за встановлення насосів на двигун.

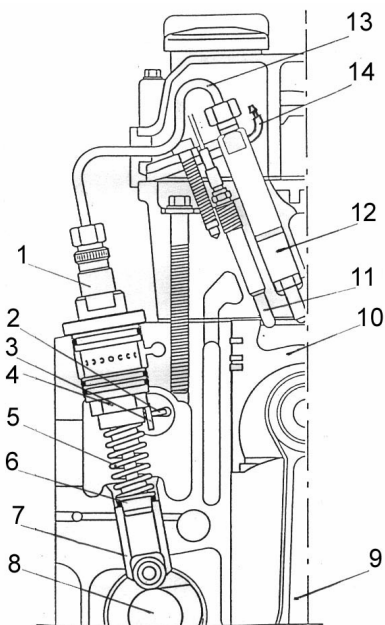


Рис. 6.10. Система подачі палива:

- 1 – штуцер високого тиску;
- 2 – рейка; 3 – повідець плунжера;
- 4 – індивідуальний паливний насос;
- 5 – пружина плунжера; 6 – підп'ятник;
- 7 – штовхач; 8 – кулачок вала;
- 9 – шатун; 10 – поршень; 11 – свічка розжарювання; 12 – форсунка;
- 13 – паливопровід високого тиску;
- 14 – штуцер зливу палива з форсунки

ум'ятин; послаблення посадки повідка (для плунжерів насоса 4ТН-8,5Х10). Гідравлічну щільність зношених пар контролюють на пристроях КИ-1640А, КИ-3369 та інших. Вибраковують плунжери та втулки з великими забоїнами, задирками і глибокими корозійними руйнуваннями, а також погнуті та з пошкодженим опорним бортиком.

Останнім часом значна кількість дизелів іноземного виробництва комплектується паливними системами акумуляторного типу з електронним керуванням – Common Rail (рис. 6.11).

У цих системах паливний насос високого тиску подає паливо під високим тиском до гідравлічного акумулятора і водночас до всіх форсунок електрогідравлічного типу. Упорскування палива відбувається тільки під час подачі електронним блоком керування електричного імпульсу на відповідну форсунку.

У всіх цих системах високий тиск створюють прецизійні пари, комутують паливотоки клапанами, а паливо уприскується в камеру горіння розпилювачами.

Розглянемо основні дефекти і методи відновлення цих деталей.

Плунжерні пари (рис. 6.12) можуть мати такі дефекти: втрату гідравлічної щільності внаслідок зношування бокової поверхні плунжера і отвору у втулці, а також рухливості плунжера у втулці внаслідок корозії, забоїн,

Плунжерні пари, які потрібно відновлювати, розкомплектовують. Приблизно 15–20% їх можна відновити способом перекомплектування. У цьому випадку притиранням усувають сліди зносу і надають плунжерним парам правильної геометричної форми. Потім відбирають плунжер за втулкою так, щоб після одночасного їх притирання створився зазор, який забезпечить необхідну гідравлічну, щільність. Плунжерні пари, які не можна відремонтувати у такий спосіб, відновлюють хромуванням, виготовленням ремонтної деталі, пластичним деформуванням, дифузійною металізацією тощо. Після нарощування плунжерні пари шліфують на безцентрошліфувальних верстатах і доводять абразивними пастами на притиральних пристроях (бабках) чи плоскодовідних верстатах. Овальність і конусність не має перевищувати 0,002 мм. Потім плунжери сортують за розмірними групами через 0,001 мм, остаточно доводять пастою 1–3 мкм і знову сортують. Втулки плунжера і дозатора обробляють на верстатах або притиральних бабках за допомогою розрізного притира. Для притирання використовують 14- і 7-мікронні пасти за частоти обертання шпинделя $200\text{--}500\text{ хв}^{-1}$ і $40\text{--}160$ подвійних ходах шпинделя за хвилину.

Овальність, корсетність та бочкоподібність отвору втулки не мають перевищувати 0,001 мм, а конусність – 0,002 мм. Втулки і дозатори сортують на розмірні групи через 0,001 мм.

Під час комплектування до плунжера підбирають втулку діаметром на 0,001 мм більшим за діаметр плунжера так, щоб він з зусиллям заходив у втулку на $2/3$ довжини. Плунжерні пари притирають водночас на бабці 1–3 – мікронною пастою за частоти $250\text{--}1000\text{ хв}^{-1}$ і кількості подвійних ходів 20–50 за хвилину.

Після притирання промитий і змащений дизельним паливом плунжер має плавно переміщуватися всією довжиною втулки під дією власної ваги.

Напірні клапани (рис. 6.13) можуть мати зноси поверхні розвантажувального пояса, запірного конуса, напрямної частини клапана, отвору в сидді клапана і втулки плунжера. Клапани з тріщинами, сколами і глибокими корозійними пошкодженнями на поверхнях вибраковують. Напірні клапани відновлюють за такою самою технологією, як їх плунжерні пари. Перекомплектуванням можна також відновити 50–60% клапанів. Клапани, які не можна скомплектувати із сиддами через недостатній діаметр циліндричного пояса, відновлюють за такою самою технологією, як і плунжери. Зношений отвір у сидді клапана доводять чавунними притирами на вертикально-довідному верстаті. Ущільнювальний торець обробляють на плоско-довідному верстаті. Напірні клапани сортують на розмірні групи через 0,002 мм. Овальність напрямної части-

ни не має перевищувати 0,00 мм, конусність – 0,003 мм, овальність і конусність отвору сідла клапана – 0,001 мм. Клапан і сідло відповідної групи притирають одночасно і після промивання випробовують на гідравлічну щільність за запірними і розвантажувальними поясками.

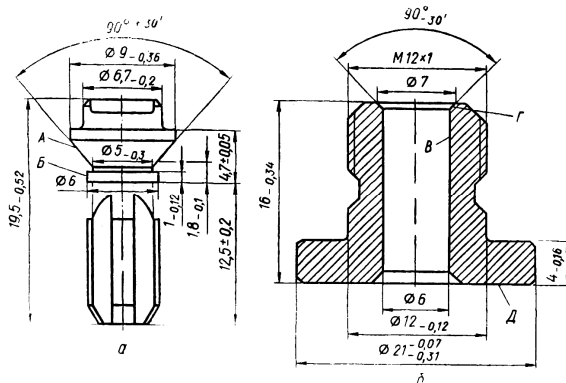


Рис. 6.13. Напірний клапан насосів типу 4ТН-8.5х1:

a – клапан *б* – сідло; *A* – запірний конус клапана; *B* – розвантажувальний пояс; *B* – поверхня напрямного сідла клапана, до якого прилягає розвантажувальний пояс; *Г* – фаска, до якої прилягає запірний конус; *Д* – торець, до якого прилягає втулка плунжера

Розпилювачі форсунок (рис. 6.14) можуть мати такі дефекти: знос запірного конуса, утворення нагару, накоксування соплових отворів.

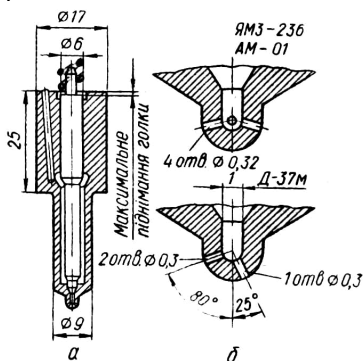


Рис.6.14. Розпилювач з багатьма отворами:

a – загальний вигляд, *б* – розміщення отворів

У випадку зносу з'єднання голка – корпус розпилювача, голку і корпус розкомплектують.

Технологія обробки і нарощування головок розпилювачів така сама, як і плунжерів. Відновлені голки та корпуси сортують за діаметром спряжених циліндричних поверхонь, комплектують і притирають так, щоб забезпечити зазор 1 мкм. Після цього переміщення попередньо промитої в дизельному паливі голки, висунутої з ко-

рпусу розпилювача на $1/3$ довжини за кута нахилу 45° , має відбуватися під дією власної ваги. Для забезпечення герметичності розпилювача за запірним конусом кут конуса голки має бути більший, ніж кут конуса розпилювача на $40' - 1^\circ$. Конуси мають з'єднуватися за кільцевим пояском завширшки не більше $0,2$ мм. Голку шліфують на призмі. Обертання її передається прогумованим роликом. Після шліфування голку притирають, напрямну частину змащують мастилом, а конус – пастою М 10.

Запірний конус розпилювача обробляють притиром. Нагар з розпилювачів видаляють латунними щітками-скребками. Отвори очищають сталним дротом, затиснутим у цангові патрони.

Відновлені розпилювачі випробовують на герметичність, підігрівання і якість розпилювання палива на стендах КИ-333, КИ-22203М, КИ-562 та КИ-15706.

Форсунки можуть мати знос торця корпусу, який з'єднується з розпилювачем, знос або розрив різьби на корпусі та регулювальному гвинті, втрату пружності пружини.

Корпус форсунки, гака пружини і розпилювача вибраковують при наявності тріщин, зломів, зривів більше двох витків нарізі. Знос торця корпусу розпилювача усувають притиранням пастою на чавунній плиті. Під час складання форсунки комплектують з розпилювачами, які відповідають марці двигуна.

Корпуси паливного насоса і регулятора можуть мати такі дефекти: знос отворів під штовхачі і напрямних пазів під осі штовхачів, отворів під рейку і валик важеля регулятора; зовнішні тріщини; зрив і знос нарізі в отворах.

Корпус вибраковують за наявності пробойів і тріщин у внутрішніх перемичках, сколів напрямних пазів. Технологію ремонту зовнішніх тріщин у корпусних деталях розглянуто в розділі 4.

Зношений отвір під рейку засвердлюють і запресовують у нього виготовлену втулку з лискою з натягом $0,1-0,03$ мм. Зношені отвори під валик важеля регулятора розсвердлюють і запресовують у них втулку з натягом $0,075-0,15$ мм. Зношені поверхні напрямних пазів під осі штовхачів прошивають на збільшений розмір. Конусність отвору – не більше $0,02$ мм, відхилення від перпендикулярності поверхні під головку – до $0,1$ мм на довжині 100 мм.

Кулачковий і ексцентриковий вали можуть мати такі дефекти: спрацювання посадочного місця під вальниці і поверхні з'єднання із сальниками, профілю кулачків і ексцентрика, шпонкової канавки або стінки паза з'єднання кулачкового вала і шестерні приводу, посадочного конуса і нарізі.

Вали з тріщинами і зломами вибраковують, кулачкові вали з прогином більше $0,05$ мм правлять на призмах під пресом.

Зношені посадочні місця під вальницью і поверхні з'єднання із сальником наплавляють або осталюють, а потім шліфують під номінальний розмір. Овальність, конусність і биття шийок допускається не більше 0,02 мм. За зносу на глибину менше 0,5 мм профіль перешліфовують на ексцентрик на копірувально-шліфувальному верстаті до виведення слідів зносу. Кулачки з великим зносом і ексцентрики відновлюють за технологією, описаною у розділі 4 "Ремонт розподільного вала).

Випробування, обкатування і регулювання паливних насосів. Під час підготовки насоса до випробування попередньо виконують такі регулювання. Ставлять болт вилки так, щоб він виступав на 13 мм. Встановлюють важіль керування в положення, яке відповідає максимальній подачі, закріплюють хомутик першої насосної секції на відстані 50 мм від зовнішньої привалкової площини, а інші хомутки – на рейці так, щоб відстань між осями становила 40 мм. Перевіряють нормальне обертання кулачкового вала, зробивши 2–3 оберти від руки, вмикають стенд і за частоти обертання шпинделя 400–500 хв⁻¹ усувають підтікання та інші несправності.

Обкатують насоси за два етапи: спочатку 15 хв за ввімкненої подачі за 500 хв⁻¹ без форсунок, потім 30 хв за 600–700 хв⁻¹ з форсунками за положення важеля керування, яке відповідає максимальній подачі. Виявлені під час обкатування несправності усувають.

Регулюванням ходу рейки забезпечують потрібний діапазон зміни циклової подачі палива від повного вимкнення до подачі, яка відповідає максимальній потужності.

Нормальний хід рейки паливних насосів має становити 10,5–11 мм. Переміщення рейки вимірюють штангенциркулем від привалкової площини насоса до будь-якого хомутка рейки у двох крайніх положеннях. Хід рейки регулюють гвинтом вилки регулятора й фіксують контргайкою.

Налагодження регулятора починають з відкручування болта жорсткого упора на 3–4 оберти. Важіль керування встановлюють у положення, яке відповідає повній подачі. Потім вимикають стенд, встановлюють номінальну частоту обертання. Плавню збільшуючи її, контролюють частоту обертання, за якої гвинт вилки починає відходити від призми – початок роботи регулятора (початок вмикання подачі палива). Частота обертання на початку дії регулятора має на 10–20 обертів перевищувати номінальну частоту обертання. За потреби регулювання змінюють кількість прокладок під болтом обмежувача максимальної частоти обертання. Під болтом обмежувача після регулювання має залишитися від 4 до 12 прокладок. Якщо прокладками не вдається налагодити регулятор, то змінюють їх кількість під зовнішньою або внутрішньою пружиною регулятора.

Регулювання болта жорсткого упору виконують на номінальній частоті обертання вала насоса. Повільно закручуючи його, стежать за гвинтом вилки. Коли гвинт вилки почне відходити від призми, відкручують болт на 1 оберт і фіксують його. У разі підвищення частоти обертання вала насоса на 80–100 хв⁻¹ рейка насоса має відійти в крайнє положення, яке відповідає вимкненій подачі.

Регулюють продуктивність і рівномірність подачі палива поворотом плунжера в гільзі на номінальній частоті обертання. Важіль керування знаходиться в положенні «Повна подача». Продуктивність регулюють, переміщуючи хомутики на рейці.

Нерівномірність подачі палива насосними секціями визначають за формулою:

$$H = \frac{K_{\max} + K_{\min}}{K_{\text{сеп}}} 100, \quad (6.1)$$

де H – нерівномірність подачі палива, $K_{\max}$ і $K_{\min}$ – найбільша і найменша кількість палива, яка подається секцією насоса; $K_{\text{сеп}} = \frac{K_{\max} + K_{\min}}{2}$ – середня кількість палива, яка подається насосними секціями.

Нерівномірність подачі палива у номінальному режимі не має перевищувати 3%.

Момент початку впорскування палива перевіряють і регулюють на номінальній частоті обертання за положення важеля, яке відповідає повній подачі. Кут початку впорскування визначають за допомогою пристрою, передбаченого конструкцією цього стенда (стробоскопічним пристроєм, цифровим вимірювальним приладом тощо).

Різниця між кутами початку впорскування палива окремих секцій паливного насоса не має перевищувати $\pm 0,5^\circ$. Кут початку впорскування регулюють болтом штовхача і фіксують гайкою.

Остаточне регулювання продуктивності і рівномірності подачі палива виконують так, як і попереднє. Необхідність повторного регулювання пояснюється тим, що під час регулювання кута початку впорскування змінюється продуктивність секції насоса. Рівномірність подачі палива має відповідати вимогам підприємства-виготовлювача.

Подача палива на пусковому режимі має бути в 2–2,5 рази більшою за номінальну. Під час перевірки пускової подачі встановлюють частоту обертання вала насоса 80–100 хв⁻¹, виймають збагачувач і за положення важеля керування, що відповідає повній подачі, визна-

чають продуктивність паливного насоса. Циклова подача паливних насосів типу ТН має становити не менше 140 мм³/цикл.

За збільшення частоти обертання до 650 хв⁻¹ (важіль керування подачею палива в середньому положенні) валик збагачувача має повернутися у початкове положення.

Випробування, обкатування і регулювання розподільних насосів. Обкатку виконують так. Під час регулювання кута початку подачі палива вхідний штуцер насоса з'єднують шлангом високого тиску із стендовим насосом, а на вихідний установлюють технологічну заглушку. Штуцери високого тиску з'єднують із зливними отворами стенда прозорими трубками.

Важіль керування регулятором установлюють у положення «Максимальна подача». Вмикають стендовий насос, підвищують тиск в ньому до 3 Па. Повільно прокручуючи воротком вал насоса, фіксують момент перекриття впускного вікна торцем плунжера, який визначається припиненням подачі палива в прозору трубку відповідної секції. Для всіх марок насосів НД-21 кут початку подачі першої секції має становити $57 \pm 1^\circ$. Регулюють його поворотом корпусу насоса відносно установного фланця. Чергування подачі іншими секціями відносно першої має відбуватися з точністю $\pm 0,5^\circ$.

Подача палива на пусковій частоті обертання 100 хв⁻¹ має становити 160–180 мм³/цикл. Важіль керування регулятором під час вимірювання має знаходитися у положенні максимальної частоти обертання.

Якщо циклова подача не відповідає технічним умовам, то змінюють довжину тяги регулятора або повертають ексцентрикний палець (залежно від дати виготовлення паливного насоса).

Регулюють початок роботи регулятора за упору важеля керування у гвинт обмеження максимальної частоти обертання.

Повернувши коректор так, щоб його шток не торкався важеля регулятора, встановлюють частоту обертання (відповідає початку роботи регулятора) і визначають продуктивність паливного насоса (має відповідати номінальній продуктивності).

Регулюють продуктивність гвинтом обмежувача максимальної частоти обертання. Якщо гвинтом це зробити не вдається, то змінюють кількість робочих витків пружини регулятора, повертаючи вушко пружини. Після цього збільшують частоту обертання кулачкового валика до повного вимкнення подачі палива. За незбігання частоти обертання повного вимкнення з технічними умовами проводять регулювання гвинта «Стоп». Регулюють номінальну подачу палива на номінальній частоті обертання за упору важеля керування в гвинт обмежувача максимальної частоти обертання. У

разі закручування корпусу коректора подача зменшується, викручування – збільшується.

Нерівномірність подачі палива штуцерами не має перевищувати 4%. Якщо вона перевищує цей показник, то змінюють напірні клапани у складі.

Циклова подача палива на режимі максимального крутного моменту має збільшуватися порівняно з номінальною на 12-20%. Регулюють збільшення подачі гвинтом коректора. Після регулювання повторно регулюють, номінальну подачу палива.

Ремонт турбокомпресора. У процесі експлуатації турбокомпресора (рис 6.15) виникають такі дефекти: знос отворів вальниць під вал ротора, шийки вала під вальниці і втулки канавками під ущільнювальні кільця; тріщини у корпусі турбокомпресора; дисбаланс ротора; згин лопатей робочих лопаток турбіни тощо.

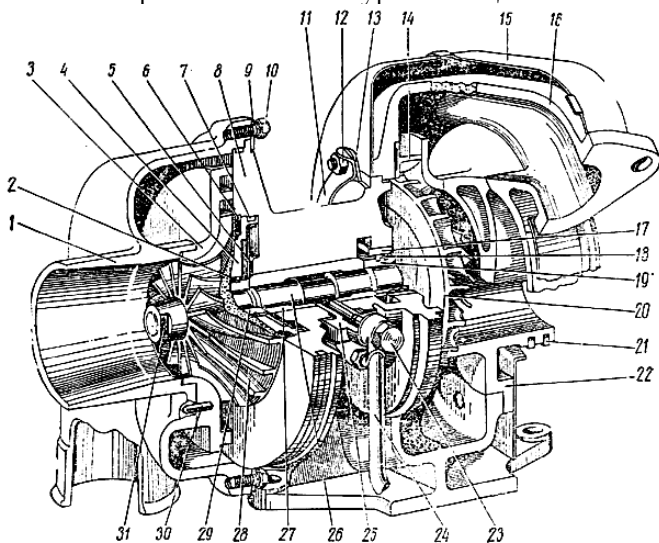


Рис 6.15. Турбокомпресор ТКР 11Н-1

1 – корпус компресора; 2, 18 – кільця ущільнювальні; 3 – вставки компресора; 4 – диск ущільнення компресора; 5 – щиток; 6 – кільце стопорне;

7 – кільце гумове; 8 – корпус середній; 9 – шайба; 10, 12 – гайки; 11 – шайба замкова; 13 – планка; 14 – вінець сопловий; 15 – кожух корпусу турбіни; 16 – корпус турбіни; 17 – втулка; 18 – втулка ущільнення; 19 – колесо турбіни; 20 – кільце ущільнення з'єднання вставки турбіни з випускною трубою; 21 – вставка турбіни; 22 – гайка накидна; 23 – трубка підведення мастила; 24 – фіксатор; 25 – вал ротора; 26 – вальниця; 27 – колесо компресора; 28 – масловідбивач; 29 – штифт; 30 – гайка спеціальна

Вальниці із зношеними внутрішніми отворами відновлюють локальним тиском фігурними роликами.

Відновлення у складі передбачає попередні операції правки і притирання центрального отвору з боку колеса.

Зношені шийки вала відновлюють осталюванням з подальшим шліфуванням або відрізають зношену ділянку на токарному станку і приварюють на машині тертя заготовку. Потім виконують відпускання, шліфування у центрах, гартування СВЧ і чистову обробку вала.

Спрацьовані канавки під ущільнювальні кільця відновлюють установленням ремонтної втулки з подальшою механічною обробкою під номінальний розмір.

Складання турбокомпресора. Перед складанням ротор балансують на стенді ДБ-10, установивши на опорах, які коливаються тільки в одній площині, що проходить через вісь обертання ротора. Це дає змогу за допомогою датчиків визначити амплітуду коливань кожної опори. Обертається ротор від електродвигуна через пас. Сигнали датчиків через перемикач площин замірювання і підсилювач подаються на прилад, шкала якого проградуєрована в одиницях дисбалансу. Кутове розміщення дисбалансу визначають стробоскопічним методом. Безінерційна лампа загорається за максимального відхилення опор і освітлює поділки технологічної втулки, встановленої на вал ротора. На балансувальній машині можна виконувати балансування з точністю $0,05 \cdot 10^{-4}$ Нм за частоти обертання вала ротора від 15 000 до 25000 хв⁻¹.

Балансування виконують за два етапи: спочатку окремо вал ротора у складі в площині колеса турбіни, а потім, після встановлення і закріплення спеціальною гайкою колеса компресора, — ротор у складі в площині колеса компресора. Дисбаланс не має перевищувати $0,2 \cdot 10^{-4}$ Нм в обох площинах. Метал з диска і лопатей знімають у місцях, передбачених кресленням.

Деталі ротора у складі після динамічного балансування розкомплектовувати категорично забороняється. На зовнішній поверхні гайки ротора проти мітки на торці вала ротора ставлять надфілем мітку.

Після балансування ротор розбирають і встановлюють у вальницю середнього корпусу. При цьому позначки на валу ротора мають збігатися з позначками на опорній втулці, масловідбивачі, колеса компресора і гайці для запобігання розбалансуванню ротора. Ротор має легко обертатися у вальницях, осьовий люфт має становити 0,17–0,3 мм. Середній корпус турбокомпресора з'єднують з корпусами компресора і турбіни, ущільнюючи з'єднання прокладка-

ми. Після складання турбокомпресор обкатують і випробують на спеціальних стендах, розміщених у боксах.

Турбокомпресор за допомогою пневматичних затискачів встановлюють на раму стенда. При цьому вхідний отвір завитка турбокомпресора (рис.6.16) з'єднують із камерою згоряння. Там згорає паливо, яке впорскується форсункою. Повітря, потрібне для згоряння палива, частково. подається від турбокомпресора, частково – від магістралі стисненого повітря. Гази, які утворюються під час згоряння палива, надходять на турбіну турбокомпресора. Для встановлення потрібного режиму випробувань регулюють витрату палива і кількість повітря, яке подається від зовнішнього компресора.

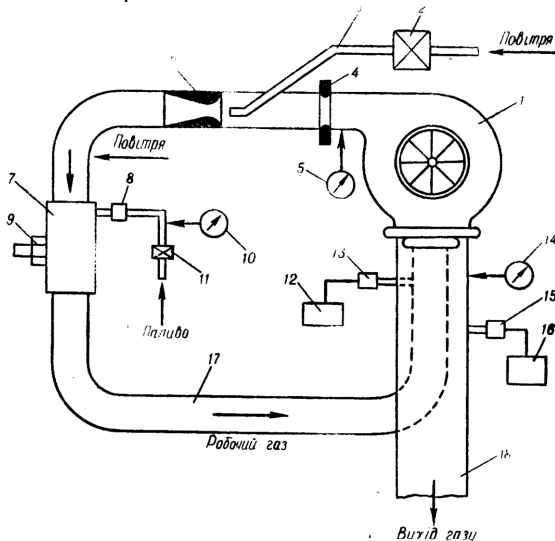


Рис. 6.16. Схема стенда для випробування турбокомпресора:

1 – турбокомпресор; 2 – кран; 3 – трубка підведення стиснутого повітря; 4 – дросельна шайба; 5, 10, 14 – дистанційні манометри; 6 – дифузор; 7 – камера згоряння; 8 – форсунка; 9 – свічка; 11 – кран регулювання витрати палива; 12, 16 – гальванометри; 13, 15 – термopарми; 17 – труба для підведення газів до турбіни; 18 – випускна труба

Вальниці турбокомпресора змащують дизельним маслом за тиску не менше 0,3МПа і температури 85–95 °С від системи мащення стенда.

Для контролю за режимом випробувань турбокомпресора стенд укомплектовано контрольно-вимірювальними приладами для контролю тиску палива і мастила, повітря на виході з компре-

сора, газів на вході та виході з турбіни, а також температури мастила на вході і на виході з турбокомпресора.

Кожен відремонтований турбокомпресор проходить обкатування і контрольно-здавальні випробування на режимах, рекомендованих технічними умовами на капітальний ремонт турбокомпресора цієї марки. Вибірковий контроль якості припрацювання деталей виконують частковим або повним розбиранням кожного двадцятого турбокомпресора. Після ревізії турбокомпресор проходить повторне обкатування.

Складання, обкатування і випробування двигунів. Складання блок-картера починають із встановлення гільз. Перед запресуванням гільз циліндрів очищають від нагару посадочні пояси і верхню площину блок-картера. Встановлюють гільзи в блок без ущільнювальних кілець і перевіряють прокручування в посадочних поясах (має бути вільним). Після встановлення нового ущільнювального кільця в канавку нижнього пояса під гільзу перевіряють виступання торця буртика гільзи над поверхнею блока за натискання гільзи з зусиллям 9 кН.

Виступ бурта гільзи циліндрів перевіряють індикаторним пристроєм (рис. 6.17), який основою встановлюють на гільзу. Штифт, переміщуючись догори, прокручує важіль, який через шток переміщує ніжку індикатора. Всі розміри гільз і поршнів мають бути однієї розмірної групи.

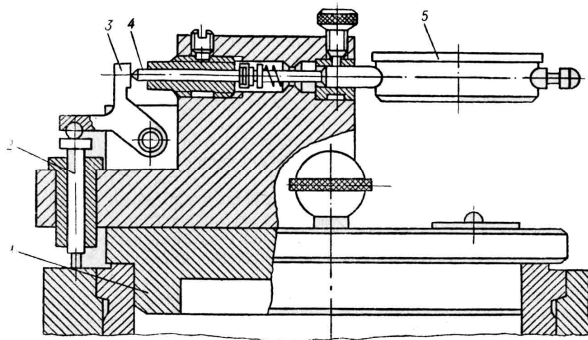


Рис. 6.17. Пристрій для контролю виступу бурта гільзи над площиною циліндрів:
1 – основа; 2 – штифт; 3 – важіль; 4 – шток; 5 – індикатор

Установлення колінчастого вала. Спочатку перевіряють правильність комплектування колінчастого вала з вкладишами, які підбирають відповідно до ремонтного розміру шийок колінчастого ва-

ла. На накривках і кріпильних деталях мають бути позначки комплектності. У вкладишах, встановлених у постіль блока, передбачений отвір для змащування, який має збігатися з масляним каналом у блоці. Хитання вкладишів у гніздах або зависання їх на фіксуючих виступах не допускається. Встановлюють накривки з вкладишами і затягують гайки корінних вальниць рівномірно за 2–3 заходи.

Індикаторним нутроміром вимірюють внутрішні розміри вкладишів. Якщо зазори знаходяться в допустимих межах, наносять мітки на торцях гайок і шпильок. Після знімання корінних накривок вкладиші ретельно протирають і змащують моторним маслом. Колінчастий вал кладуть у постелі блока, ставлять упорні півкільця поздовжнього переміщення вала, закріплюють накривку, в якій розміщене упорне півкільце, і перевіряють поздовжнє переміщення вала. Установлюють і закріплюють решту корінних вальниць до збігання міток у 2–3 прийоми у послідовності: 3, 1, 5, 2, 4. Гайки або болти корінних вальниць шплінтують замковими шайбами або дротом.

Установлення шатунно-поршневої групи. Перед встановленням у блок-картер поршнів у складі з кільцями і шатунами протирають чистою тканиною дзеркало гільз циліндрів, зовнішню поверхню поршнів і нижню головку шатуна зі встановленими вкладишами і змащують моторним маслом. Перевіряють відповідність розмірних груп поршнів і гільз циліндрів. Замки поршневих кілець, розміщених поруч, мають знаходитися під кутом 180° один відносно одного. Поршень встановлюють у гільзу за допомогою спеціального пристрою або конусної оправки і технологічної гільзи.

Для двигунів СМД-60 і СМД-62 поршні у складі з шатунами встановлюють в циліндри блок-картера так, щоб, стрілки на днищах поршнів спрямовувалися до водяного насоса, а в двигуні ЯМЗ зміщення камер згорання в поршнях було направлено до осі дизеля. Днище поршня при знаходженні його у ВМТ має виступати (заглиблюватися) над площиною блока.

Виступання (заглиблення) поршня для дизелів СМД-60 та СМД-62 – не більше 0,5. Замірюють його індикаторним пристроєм. З'єднують шатун з шийкою колінчастого вала і затягують шатунні болти за допомогою динамометричного ключа ОРГ-8928.

Момент прокручування колінчастого вала після затягування всіх шатунних болтів не має перевищувати 50 Н·м.

Встановлення масляного насоса і піддона нижньої накривки блок-картера. Перед встановленням масляного насоса перевіряють легкість обертання його шестірні. Забоїни на зубах шестірні не допускаються. Напрямні штифти масляного насоса мають щільно входити в посадочні отвори. Площину рознімання блок-картера змащу-

ють герметиком. Після встановлення масляного насоса на шпильці ставлять пружинні шайби. Гайки кріплення затягують до відказу і фіксують. Вільні кінці радіальної трубки і трубки до масляного насоса захищають від забруднення. Остаточну кріпять трубки до корпусу масляного насоса після закріплення вільних кінців на блок-картері. Під болти кріплення трубок ставлять пружинні шайби. Болти затягують до краю і фіксують. Під час складання зазор між зубами шестірни приводу насоса має бути в межах 0,15–0,7 мм.

Встановлення розподільного вала, картера шестерень і передньої накривки. Неплощинність прилягання картера шестерень до блок-картера і накривки шестерень до картера допускається не більше 0,15 мм на довжині 200 мм (перевіряють у стисненому стані). Оброблені поверхні картера шестерень не повинні мати забоїв, вм'ятин та інших пошкоджень. Прокладку картера шестерень змащують герметиком з обох боків. Болти кріплення картера шестерень до блок-картера рівномірно затягують до краю і стопорять, відігнувши краї замкових шайб на грані болтів.

Перед установленням розподільний вал, штовхачі, вальниці розподільного вала і поверхні отворів для штовхачів у блок-картері продувають стисненим повітрям. Вальниці шийок розподільного вала і штовхачі змащують моторним маслом. Штовхачі мають вільно переміщуватися без заїдань в отворах блок-картера, розподільний вал — вільно, без заїдань прокручуватися у вальницях від зусилля руки.

Осьове переміщення розподільного вала має становити, мм: для СМД-60 — 0,08 – 0,208; ЯМЗ-240Б – 0,121-0,265.

Шестерні на розподільних валах установлюють на шпонках. Від осьового переміщення їх утримують гайки, накручені на нарізний кінець вала. На двигунах ЯМЗ і СМД-60 шестерні розподільного вала входять у зачеплення з шестернями колінчастого вала (рис. 6.18), на Д-240— через проміжну шестірню (рис.6.19). Шестерні газорозподілу встановлюють за мітками, які набивають на зубах і біля впадин. Боковий зазор між зубами шестерень знаходиться в межах, 0,1–0,6 мм.

Поверхні накривки картера шестерень не повинні мати забоїв, вм'ятин та інших пошкоджень. Прокладку накривки шестерень перед встановленням змащують уцільнювальною пастою, ставлять на картер шестерень за допомогою прямого штифта і закріплюють. Установлюють передню опору на штифти блок-картера і прикріплюють болтами із замковими шайбами, стопорять болти, зігнувши замкові шайби на грані головок болтів.

Запресовують гумову манжетку до упору, встановлюють шпону в паз колінчастого вала і напресовують шків колінчастого вала. Встановлений храповик затягують моментом 220-240 Н·м для двигу-

нів СМД-60 і СМД-62. Потім встановлюють кожух маховика і маховик. Установлення головки циліндрів і клапанного механізму. Протирають привалкові площини блок-картера і головки циліндрів, встановлюють прокладку широким боком обконтровки на поверхню блок-картера, змастивши її з двох боків герметиком або графітовою пастою СК-2/6-13. У кожний циліндр перед установленням головки циліндрів заливають по 30 г моторного масла. Гайки кріплення циліндрів затягують у певній послідовності за кілька заходів. За один захід гайки затягують не більше, як на дві грані. Остаточню їх затягують динамометричним ключем ОРГ-8928.

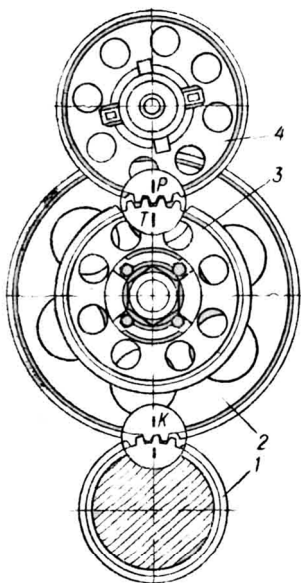


Рис. 6.18. Схема встановлення розподільних шестерень дизелів типу ЯМЗ і СМД-60

1 — шестірня колінчастого вала; 2 — шестірня розподільного вала; 3 — проміжна шестірня; 4 — шестірня паливного насоса

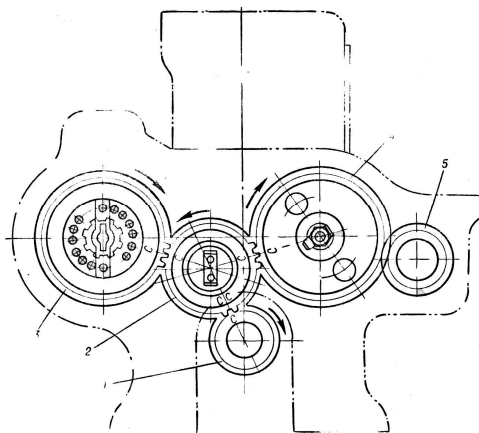


Рис. 6.19. Схема встановлення розподільних шестерень дизелів Д-240 і Д-144:

1 — шестірня колінчастого вала; 2 — проміжна шестірня; 3 — шестірня паливного насоса; 4 — шестірня розподільного вала; 5 — шестірня приводу насоса гідросистеми

Встановлюють штанги штовхачів, клапанний механізм у складі і закріплюють його. Коромисла мають вільно прокручуватися на осі і не мати поперечних коливань, а бойки коромисел без перекосів прилягати до торців стрижнів клапанів.

Між клапаном і коромислом за положення поршня у ВМТ має бути зазор, який забезпечує посадку клапанів на сідла, компенсацію теплового розширення деталей механізму приводу клапанів і їх надійну роботу,

Для регулювання клапанів рядних двигунів вмикають декомпресійний механізм. Стежачи за коромислами клапана першого циліндра, повільно обертають колінчастий вал. При цьому обидва клапана (впускний, а потім впускний) відкриються і закриються. Після закриття впускного клапана визначають ВМТ.

У дизелів Д-240 положення поршня, близьке до ВМТ, визначають установочним болтом (щупом). Після закривання впускного клапана болт викручують із різьбового отвору заднього листа і вставляють ненарізаним кінцем у той самий отвір. Потрапляння болта в отвір на маховику відповідатиме положенню поршня у дизеля до ВМТ, Д-240 — 26°. У дизеля Д-144 після закривання впускного клапана першого циліндра колінчастий вал прокручується до збігання шийки ВМТ на шківі колінчастого вала з позначкою на покажчику. Після визначення ВМТ декомпресійний механізм встановлюють, у положення «Вимкнено».

Перевіряють зазор між стрижнем клапана і бойком коромисла і за потреби регулюють обидва клапани першого циліндра. Для цього відпускають контргайку регулювального гвинта, встановлюють необхідної товщини щуп між ударником коромисла і головкою стрижня клапана. Прокручуючи викруткою регулювальний гвинт, переміщують щуп до моменту, коли він почне трохи притискатися коромислом (рис.6.20). Утримуючи в такому положенні гвинт, затягують контргайку.

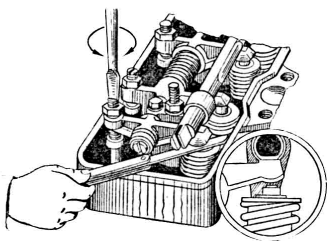


Рис. 6.20. Регулювання зазорів у клапанному механізмі

Потім знову перевіряють зазор. Щуп не має вільно входити. Після регулювання обох клапанів першого циліндра регулюють клапани в решті циліндрах у тій самій послідовності. Порядок роботи рядних чотирициліндрових двигунів такий: 1-3-4-2.

Для двигунів СМД-60 рекомендується регулювати клапани в двох циліндрах у такій послідовності. Після закривання впускного клапана першого циліндра встановлюють поршень у ВМТ. Для цього, прокручуючи колінчастий вал, натискають на установочну шпильку, яка знаходиться з правого боку картера маховика, до входження її в отвір на маховику. Знімають лючок на картері

маховика під паливним фільтром грубого очищення і встановлюють стрілку під болт так, щоб вона збігалася з рискою ВМТ на маховику. Опускають установну шпильку (під дією пружини вона вийде з отвору в маховику і займе початкове положення), повертають колінчастий вал на $40-45^\circ$ до збігання кінця стрілки з міткою на маховику, біля якої вибито цифри 1 і 4. У такому положенні поршнів першого і четвертого циліндрів їх впускні і випускні клапани повністю закриті. Щупом перевіряють зазор між бойками коромисел і торцем клапанів першого і четвертого циліндрів і встановлюють необхідний зазор. Після регулювання зазорів у клапанах першого і четвертого циліндрів повертають колінчастий вал на 240° до збігання мітки на маховику з цифрами 2 і 5 із стрілками і регулюють зазор у клапанах другого і п'ятого циліндрів. Повертають колінчастий вал на 240° до збігання стрілки з міткою на маховику, позначеною цифрами 3 і 6, регулюють зазори в клапанах третього і шостого циліндрів.

Зазори в клапанах v-подібного восьмициліндрового двигуна ЯМЗ-238НБ регулюють так. Прокручують колінчастий вал до збігання мітки на шківі колінчастого вала з позначкою «0» на накривці картера шестерень розподільника. Поршень першого циліндра в цьому випадку знаходиться в ВМТ. Регулюють зазори в клапанах другого циліндра. Потім, прокручуючи вал на 90° , регулюють зазори в п'ятому циліндрі. Для регулювання зазорів в решті циліндрів колінчастий вал повертають кожний раз на 90° і регулюють клапани відповідно до порядку роботи. Після регулювання клапанів встановлюють накривку головки циліндрів, перевіrivши правильність розміщення прокладки.

Встановлення паливного насоса і форсунок виконують після регулювання на стенді відповідно до технічних вимог. Отвори в паливному насосі і форсунках закривають захисними ковпачками. Кут випередження подачі палива під час встановлення паливного насоса має відповідати марці дизеля. Похибка встановлення кута випередження-подачі палива не має перевищувати $1,5^\circ$ по куту повороту колінчастого вала (кут початку подачі палива визначають моментоскопом). Кут випередження подачі палива для двигунів становить $16-18^\circ$.

Привалкова поверхня фланця паливного насоса має бути чистою, без забоїн і вм'ятин, прокладка — без надривів і розшарувань. Під час монтування насоса на дизель СМД-60 перевіряють встановлення шестірні приводу паливного насоса за позначками в зачепленні з проміжною шестірнею, ставлять текстолітову шайбу на кулачки шестірні приводу, а пружину — в центральний отвір автоматичної муфти так, щоб кулачок з позначкою був зверху. Повертають

колінчастий вал, сумістивши проріз на текстолітовій шайбі з позначкою «Т» на шестірні приводу паливного насоса у вертикальному положенні. Перевіряють наявність прокладки на шпильках приставки і встановлюють насос так, щоб кулачки автоматичної муфти увійшли в прорізи текстолітової шайби. Прикріплюють насос до приставки і приєднують паливні трубки.

Комплект форсунок за пропускною здатністю повинен мати одну групу. Гайки шпильок кріплення форсунок затягують динамометричним ключем для дизелів СМД моментом 20-25 Н·м.

На ЯМЗ і СМД-60 застосовують розпилювач з чотирма сопловими отворами діаметром 0,34 мм; на Д-144 і Д-21 — трисопловий з отворами 0,3 мм; на Д-240 — з чотирма отворами діаметром 0,29 мм.

Обкатування і випробування двигунів під час поточного ремонту. Після складання двигун перевіряють на укомплектованість. Дільниця випробування і регулювання двигунів має бути обладнана обкатувально-гальмівним стендом КИ-1363В або стендом КИ-4893, які дають змогу виконати обкатку і випробування дизеля, не знімаючи його з трактора (через ВВП).

На стенді КИ-1363В виконують холодне і гаряче обкатування двигунів під час їх роботи без навантаження і під навантаженням, а також випробування двигунів на потужність і витрату палива. Обкатують і випробують двигун після поточного або капітального ремонту, заміни поршневих кілець або інших деталей циліндропоршневої групи кривошипно-шатунного механізму.

Для проведення холодного обкатування вмикають електродвигун стенда і встановлюють частоту обертання колінчастого вала дизеля в межах 500–700 хв⁻¹. Тривалість обкатування становить 3–5 хв. Під час холодного обкатування пересвідчуються в подачі мастила на регулювальні гвинти коромисел і штанги штовхачів. Після холодного обкатування масляні фільтри грубого і тонкого очищення ретельно очищають і промивають в дизельному паливі.

Обкатують дизель на холостому ході (без навантаження) протягом 10 хв за плавного підвищення частоти обертання колінчастого вала від мінімально стійкої до максимальної холостого ходу.

Обкатування дизеля під навантаженням виконують протягом 20 хв (по 5 хв на крутному моменті дизеля, який становить 25, 50, 70, 90±5% номінального) за положення важеля керування регулятором частоти обертання, яке відповідає повній подачі палива.

Значення номінального моменту дизеля визначають за формулою:

$$M_H = \frac{9550 P_{eH}}{n_H}, \quad (6.2)$$

де P_{eH} і n_H — номінальне значення ефективної потужності, кВт, і частота обертання колінчастого вала, хв^{-1} , за паспортними даними.

Температура мастила і охолоджувальної рідини має знаходитись у межах 75–85°C. Випробування під час поточного ремонту передбачає визначення таких параметрів: максимальної і мінімальної частоти обертання холостого ходу; потужності і витрати палива за номінальної частоти обертання і положення важеля керування регулятором частоти обертання, яке відповідає повній подачі палива.

Обкатування і прискорене випробування дизелів на спеціалізованих стендах. Підбираючи стенд для обкатки і випробувань дизеля відповідної марки, керуються такими умовами: крутний момент і максимальна частота обертання колінчастого вала дизеля не мають перевищувати меж, допустимих технічною характеристикою стенда.

Під час прийнятно-здавальних випробувань використовують моторне масло М-10Г₂ або М-10В₂ і дизельне паливо. Обкатування виконують у три етапи: холодна, гаряча без навантаження (на холодному ходу), гаряча під навантаженням.

Спочатку виконують холодне обкатування методом прокручування колінчастого вала дизеля на швидкісних режимах електричною машиною обкатувально-гальмівного стенда. Під час холодного обкатування дизеля робота його систем мащення і охолодження має відповідати таким вимогам: тиск масла у головній масляній магістралі дизеля не має бути менший 0,08 МПа за мінімальної частоти обертання колінчастого вала; температура мастила в піддоні дизеля (або перед масляним радіатором) не має перевищувати 75°C, а температура охолоджувальної рідини на виході із системи охолодження 80°C.

Гаряче обкатування дизелів на холодному ходу виконують так. Запускають дизель електромашинною обкатувально-гальмівного стенда або пусковим агрегатом дизеля. Під час гарячого обкатування без навантаження температуру масла в піддоні дизеля (або перед масляним радіатором) і охолоджувальної рідини на виході із системи охолодження дизеля підтримують в межах 60–95°C.

Після гарячого обкатування перевіряють і за потреби підтягують гайки шпильок (болти) кріплення головки (головок) циліндрів. Підтікання палива і мастила не допускають.

Гаряче обкатування під навантаженням виконують за положення органа керування регулятором частоти обертання, яке відповідає повній подачі палива, послідовним навантаженням.

На спеціалізованих підприємствах застосовують два види прискореного обкатування двигунів: з використанням дизельного палива з присадкою АЛП-4Д і з подачею електричного постійного струму до пар тертя.

Прискорене обкатування двигуна на дизельному паливі з присадкою АЛП-4Д виконують у такий спосіб. Присадку розчиняють у паливному баку обкатувально-гальмівного стенда (1% за масою) і ретельно перемішують за допомогою змішувально-дозувального пристрою КИ-11138А. Під час згорання палива разом із присадкою в циліндрах двигуна утворюються тверді частинки окислів алюмінію в дрібнодисперсному вигляді розміром 2–3 мкм, які прискорюють припрацювання деталей циліндропоршневої групи і скорочують на 30–35% тривалість технологічного обкатування двигунів. Технологічний процес обкатування двигунів з використанням присадки АЛП-4Д такий. Холодне обкатування двигуна виконують за три етапи: за частоти обертання колінчастого вала двигуна, яка становить 40 ± 5 , 60 ± 5 і $80 \pm 5\%$ номінальної частоти обертання колінчастого вала двигуна. На кожному етапі за централізованої системи мащення обкатування виконують по 5 хв, а за картерної — по 10 хв. Обкатування без навантаження за працюючого двигуна виконують протягом 10 хв з плавним підвищенням частоти обертання колінчастого вала двигуна від мінімально стійкої до номінальної. Обкатування під навантаженням проводять протягом 35 хв за положення рейки паливного насоса, яке відповідає повній подачі палива за режимом:

Крутний момент, % номінального	25 $\pm$ 2	50 $\pm$ 2	70 $\pm$ 2	90 $\pm$ 2
Тривалість обкатування, хв	15	20	35	15

Прискорене обкатування з використанням електричного постійного струму виконують так. Двигун, установлений на стенді, піддають холодному обкатуванню протягом 10 хв за частоти обертання колінчастого вала 500–600 хв⁻¹. Потім мінусову клему джерела струму під'єднують через спеціальний струмознімач пристрою КИ-11041 до – колінчастого вала двигуна, а плюсову — до блока. За струму 3–5 А і напруги 0,8–1,2В продовжують холодне обкатування ще протягом 25 хв за частоти обертання колінчастого вала 900–1000 хв⁻¹. Гаряче обкатування двигуна на холостому ходу проводять протягом 15 хв за частоти обертання колінчастого вала 1300–1400 хв⁻¹, під навантаженням — протягом 20 хв (10 хв за навантаженням крутним моментом, який становить 25% номінального, і 10 хв крутним моментом, який становить 50% номінального). Внаслідок прискореного обкатування поверхонь, що обертаються, за прохо-

дження постійного струму через пари тертя загальна тривалість обкаткування двигуна скорочується вдвічі.

Приймально-здавальні випробування виконують протягом 3 0хв для контролю якості ремонту (складання і регулювання) дизелів, які знаходяться на виробництві. Випробування передбачають перевірку максимальної і мінімальної стійкої частоти обертання холостого ходу; тиску мастила в головній масляній магістралі за номінальної під навантаженням і мінімальної частоти обертання на холостому ходу; температури охолоджувальної рідини на виході із дизеля; температури масла в піддоні або головній масляній магістралі; потужності за номінальної частоти обертання і положення органів керування регулятором частоти обертання, яке відповідає повній подачі палива; витрати палива за номінальної потужності і положення органів керування регулятором частоти обертання, яке відповідає повній подачі палива. Параметри дизелів під час приймально-здавальних випробувань переважно ті самі, що й під час гарячого обкатування під навантаженням.

6.2. Ремонт трансмісії і ходової частини

Муфта зчеплення. Картер зчеплення тракторів і автомобілів може мати обломи і тріщини; знос центрувального отвору, отворів під стартер і в опорних лапах, під втулки вилки вимкнення зчеплення тощо.

Тріщини картера усувають, дуговим або газовим зварюванням. Зношені отвори наплавляють або розсвердлюють і в них запресовують втулки.

Зношені за висотою опорні лапи наплавляють або приварюють до них накладки, а потім фрезерують. Ослаблену втулку вала вилки виключення випресовують, а отвір розвірчують з подальшим встановленням втулки ремонтного розміру і остаточно розвірчують її отвір.

Ведені диски зчеплень можуть мати знос фрикційних накладок, отворів під заклепки, шліців маточини; короблення дисків; ослаблення заклепок кріплення маточини; торцеве биття фланця маточини.

Ослаблені заклепки, які з'єднують ведений диск із маточиною, видаляють. Зношені отвори під заклепки в дисках, маточинах і маслорозподільниках розсвердлюють під ремонтний розмір з подальшим встановленням ремонтних заклепок і їх клепаанням у гарячому стані.

Зношені понад допустимі розміри шліци маточин відновлюють пластичним деформуванням.

Зношені понад допустиму товщину фрикційні накладки замінюють новими, а короблення ведених дисків усувають правлінням на плиті. Фрикційні накладки кріплять порожнистими латунними, мідними і алюмінієвими заклепками або приклеюють клеями ВС-10Т і ВС-350. Мінімальне заглиблення головок заклепок у нових накладках 0,6-2 мм, а допустимі місцеві нещільності між диском і накладкою 0,1-0,4 мм та торцеве биття поверхонь накладок відносно осі шліцьової маточини 0,5-1,2 мм, непрямолінійність поверхні фрикційних накладок 0,3-0,8 мм, різниця у товщині ведених дисків з накладками не більше 0,2-0,3 мм. Після ремонту складені ведені диски статично балансують.

Основними дефектами натискного, ведучих і проміжних дисків можуть бути зноси, задирки і короблення робочих поверхонь, тріщини і зломи. У випадку зносів і задирок робочих поверхонь диски проточують і шліфують до виведення слідів зносу. Товщина диска має бути не нижче мінімального значення (наприклад для двигунів типу СМД-60 — 24 мм).

Вали зчеплень можуть мати зноси посадочних місць під вальниці кочення, ущільнення і муфту вмикання; зноси і пошкодження шліців, шпонкових канавок і різьби.

Посадочні місця під вальниці і шліці відновлюють за технологією, наведеною у розділі 4.

Зношені за висотою кулачки відтискних важелів наплавляють порошковим дротом високої твердості, потім шліфують під номінальний розмір за шаблоном. Зношені отвори у важелях під палець або голчасту вальницю розвертають під палець збільшеного розміру. Різниця за масою відтискних важелів одного зчеплення не має перевищувати 10 г, а у двигунів типу СМД-60-15 г.

Пружини, які встановлюють на одне зчеплення, підбирають за довжиною і пружністю.

Під час складання зчеплення виконують регулювання для встановлення поверхонь кулачків відтискних важелів в одній площині і на певній відстані від поверхні тертя натискного диска відповідно до технічних вимог. Допускається взаємне відхилення упорних поверхонь кулачків до 0,4 мм. У дводискових зчеплень регулюють зазор між проміжним диском і упорними гвинтами. Муфту зчеплення складають за допомогою спеціального пристрою (рис. 6.21).

Складене зчеплення балансують на стенді. Дисбаланс натискного диска з кожухом зчеплення, наприклад, у двигуна ЗМЗ-53 — не більше 0,0036Н·м. Диск балансують свердлінням отворів у бобишках діаметром 11 мм на глибину не більше 25 мм.

Після повного складання машини регулюють зазор між відтискними важелями і вальницею відведення та вільний хід педалі зчеплення.

Коробка передач може мати такі несправності: наявність підвищеного шуму, нагрівання корпусу, валів і важелів коробки, підтікання масла, утруднене вмикання і вимикання передавача, зниження крутного моменту в коробках з гідравлічним керуванням фрикціонами передавачів.

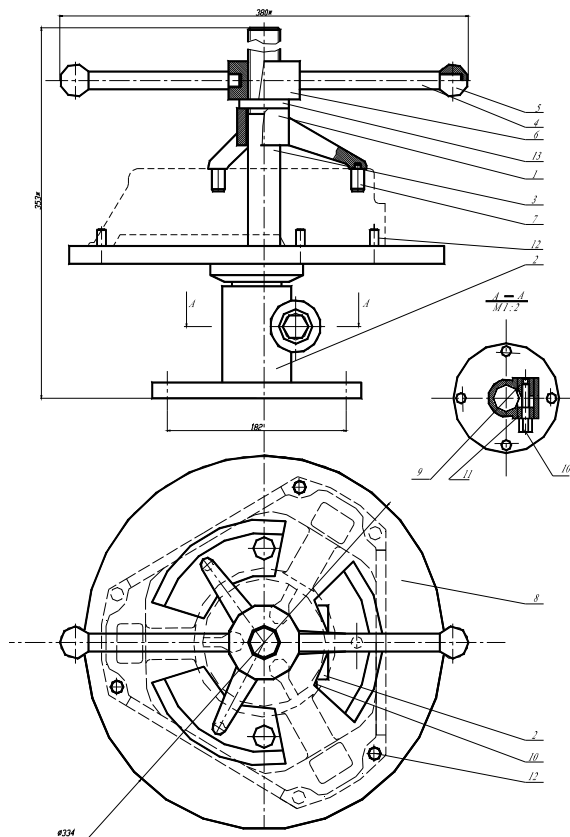


Рис. 6.21. Пристрій для розбирання і складання муфти зчеплення:
 1 – трійник; 2 – стійка; 3 – вал; 4 – рукоятка; 5 – кінцівка рукоятки; 6 – гайка; 7 – напрямна; 8 – опорна плита; 9 – гайка фіксатора; 10 – болт фіксатора; 11 – втулка фіксатора; 12 – штифт; 13 – шайба

Ці несправності виникають внаслідок зносу посадочних отворів під вальниці та їх гнізда; появи тріщин у перемичках між отворами, у бокових і нижніх стінках; пошкодження установних штифтів і нарізів в отворах, що призводить до порушення міжцентрової відстані і паралельності валів, співвісності і паралельності осей отворів і міжосьових відстаней; зносу зубів шестерень як за товщиною, так і довжиною; порушення зазорів у спряженнях посадки вальниць у корпусі коробки передач і валів з вальницями; зносу деталей синхронізаторів, приводу і куліси вмикання передач, гідросистеми і фрикціонів коробки передач.

Розбирають коробки передач на спеціальних стендах із застосуванням знімачів і пристроїв. Основні придатні деталі не рекомендують розкомплектовувати.

Корпуси коробок передач можуть мати: обломи і тріщини, знос посадочних місць під вальниці кочення, отворів і торцевих поверхонь бобишок під блок шестерень заднього ходу.

Знос торцевих поверхонь бобишок під блок шестерень заднього ходу усувають фрезеруванням.

Технологію ремонту корпусних деталей, валів і осей описано у розділі 4.

Бокові поверхні щік вилок перемикавання передач, зігнуті понад 0,3–0,5 мм, правлять на плиті. Неперпендикулярність поверхонь, спряжених з пазом шестірні, відносно осі отвору не має перевищувати 0,1 мм на крайніх точках. Зношені бокові поверхні щік наплавляють.

Зігнуті валики, штоки і важелі правлять у холодному стані.

Биття валиків допускається до 0,1 мм. Зношені поверхні наплавляють. Після запресування вальниць зазор між буртиком гнізда і торцем зовнішнього кільця вальниці має бути не більше 0,1 мм, а між буртиком вала і торцем внутрішнього кільця — 0,05 мм на дузі 90°.

Рухомі шестерні мають вільно переміщуватися шліцями вала. Зазори у шліцевих з'єднаннях шестерень і валів 0,025–0,4 мм. Незбігання торців зубів нових шестерень у ввімкненому положенні не більше 0,5–1,0 мм, а шестерень, які були в експлуатації 2 мм.

Під час складання вторинних валів і муфт коробки передач трактора типу Т-150 стежать, щоб одна стрілка на задній муфті і дві стрілки на передній муфті спрямовувалися за рухом трактора і розміщувалися зверху, а риска на передньому торці вала була повернута догори (рис. 6.22). Роботу муфт перевіряють повітрям під тиском 0,2 МПа, який підводять почергово до свердлін на передньому хвостовику вторинного вала. У цьому випадку диски відповідної

муфти мають стискатися поршнем, а після знімання тиску — повертатися у початкове положення.

Чотиридискову (за кількістю ведучих дисків) гідропідтискну муфту встановлюють із боку двох стрілок, а п'ятидискову — з боку однієї стрілки. У складеній муфті сумарний зазор між дисками на чотиридисковому боці: максимальний — 5,51 мм, мінімальний — 1,38; на п'ятидисковому боці: максимальний — 6,36 мм, мінімальний — 1,53 мм.

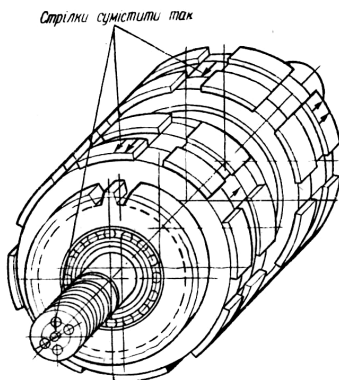


Рис. 6.22. Схема складання вторинного вала і гідропідтискних муфт трактора типу Т-150

ринного вала і втулкою розподільника, який контролюють щупом.

Під час встановлення приводу насоса гідросистеми боковий зазор між зубами пари конічних шестерень має становити 0,2–0,4 мм. Його регулюють підбиранням прокладок А конічної шестірни і прокладок Б корпусу сальника (рис. 6.23).

Після складання коробки передач обкатують без навантаження та під навантаженням і випробовують на спеціальних стендах.

Коробку передач обкатують протягом 2–3 хв на всіх передачах переднього і заднього ходів. Під час випробування її навантажують певним крутним моментом. Перевіряють справність фіксувальних і блокувальних пристроїв, легкість перемикання передач, роботу клапанів і масляного насоса, відсутність підтікань масла, стуків, шуму шестерень і перегрівання деталей; Не допускається нагрівання деталей до температури 65°C взимку і 85°C влітку.

Карданний передавач може мати биття (вібрацію) карданного вала; ослаблення кріплення вилок; боковий і торцевий люфт хрестовини у вальниціях; зноси у шліцьових з'єднаннях; зноси і пошкодження ущільнень і сальників вальниць та шліцьових з'єднань; порушення герметичності маслянок і запобіжних клапанів хресто-

Пластинчасті пружини дисків мають бути зміщені на кут 45° одна відносно іншої.

Бокові зазори між зубами пари циліндричних шестерень будь-якого передавача мають становити 0,2–0,5 мм.

Фрезерований паз нижнього стакану 150.37.122 суміщують із рискою, нанесеною на корпусі коробки.

Під час встановлення розподільника на коробку передач трактора Т-150 забезпечують рівномірний зазор (0,1–5 мм) між твірною хвостовика вто-

вин. Ці несправності карданного передавача виникають через дефекти деталей.

Труба карданного вала може мати згин вала, знос шліців і отворів вилки, пошкодження нарізи в отворах.

Зігнутий карданний вал правлять на стенді. У випадку зносу, зовнішніх шліців вал ремонтують наплавленням з подальшою механічною обробкою або замінюють шліцьовий наконечник новим.

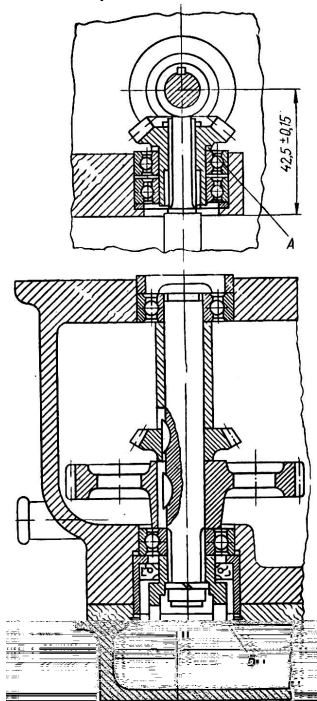


Рис. 6.23. Схема встановлення приводу насоса гідросистеми коробки передач трактора Т-150К

хромованням. Твердість наплавлених шипів має бути не менше HRC 45.

Перед розбиранням карданних валів наносять мітку для фіксації їх взаємного розміщення, щоб після складання зберегти заводське балансування і скоротити процес припрацювання деталей. Особливо уважно знімають деталі з високою точністю обробки, наприклад, голчасті вальниці вала.

Биття карданного вала трактора або автомобіля не має перевищувати біля вилок 0,4 мм, за довжиною труби — 0,8 мм, а биття

зношені отвори вилки під стакани голчастих вальниць ремонтують наплавленням або осталюванням з подальшою механічною обробкою.

Пошкодження нарізи в отворах вилки ремонтують наплавленням з подальшим нарізанням різьби номінального розміру. Вилку карданного вала із зношеним шліцьовим хвостовиком наплавляють і обробляють під номінальний розмір.

Зношені отвори під голчасті вальниці і нарізь в отворах під болти кріплення накривок ремонтують так само, як і у вилках карданного вала.

Хрестовини карданних шарнірів цементують на глибину 1,1-1,9 мм, гартують і відпускають до 58-65HRC. Зношені шипи хрестовин відновлюють наплавленням з подальшою механічною обробкою під номінальний розмір або пластичною деформацією чи

проміжного вала біля запірного торця шийки — 0,1 мм. Осьовий люфт на шипах хрестовини допускається не більше 0,24 мм.

Під час складання ковзну вилку встановлюють у шліцьову втулку проміжного вала так, щоб осі отворів під вальниці були в одній площині.

Розбирають і складають карданні вали за допомогою спеціального оснащення.

Ведучі мости тракторів і автомобілів можуть мати несправності, які викликають характерні звуки і запахи горілого мастила, підвищення температури корпусних деталей, погіршення керованості агрегатом, ривки під час рушання з місця, підтікання масла у місцях ущільнення деталей і з'єднаннях корпусів агрегатів, підвищені вібрації і зменшення швидкості трактора або автомобіля.

Картери редукторів під час розбирання не мають розкомплектовуватись з накривками вальниць диференціала, оскільки вони оброблені сумісно.

Під час розбирання диференціала права і ліва чашки не мають розкомплектовуватись. Чашки з обломами і тріщинами вибраковують. Вм'ятини, задири і зноси торця під шайбу шестірні півосі усувають обробкою торцевої поверхні під відповідний ремонтний розмір.

Зноси отворів під стяжні болти в чашці усувають свердлінням нових отворів у проміжках між старими. Сферичну поверхню під шайби сателітів із вм'ятинами, задирками або зносами розточують фасонним різцем під ремонтний розмір. Замість зношених отворів під шипи хрестовини свердлять нові отвори, розміщені під кутом 45° до зношених.

Правильність зачеплення конічних шестерень головного передавача у більшості сучасних тракторів установлюють тільки під час складання після ремонту або заміни деталей задніх мостів. Встановлення ведучої шестірні перевіряють шаблонами і пристроями.

Особливість складання задніх мостів — необхідність регулювання зачеплення конічних шестерень головного передавача, яке передбачає правильне розміщення шестерень однієї відносно іншої і отримання нормального бокового зазору між їх зубами, а також зазору у роликівих конічних вальницях.

Шестерні встановлені правильно, якщо вершини їх початкових конусів збігаються в точці *O* (рис. 6.24), а твірні початкових конусів — з лінією *OC*. Тому під час складання коробки передач шестірню вторинного вала кріплять на відстані *A* від торця шестірні до обробленої площини задньої стінки корпусу, що забезпечує розміщення вершини початкового конуса шестірні вторинного вала на осі веденої шестірні головного передавача.

Для встановлення вершини початкового конуса шестірні вторинного вала або ведучої шестірні головного передавача на осі заднього моста використовують спеціальні пристрої. Наприклад, у тракторах типу Т-150К зазор у вальниці веденої шестірні і в зачепленні кінцевих шестерень регулюють під час заміни шестерень. Під час регулювання від'єднують кінець карданного вала від фланця 3 (рис. 6.25) і, видаливши болт і кріплення стакана 8, двома довгими болтами 4 випресовують стакан. Не розбираючи стакан, затягують гайку 2 до відказу і перевіряють товщину регулювальних прокладок 7, прокручуючи шестірню за фланець. Якщо шестірня прокручується із значним люфтом, зменшують товщину прокладок, а якщо надто туго, додають прокладку. За допомогою прокладок 7 встановлюють натяг у вальницях, момент опору обертанню ведучої шестірні без сальників має становити 0,6-1Н·м.

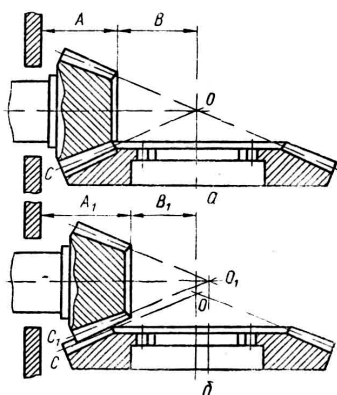


Рис. 6.24.Схема, регулювання зчеплення кінцевих шестерень головного передавача:

a – зачеплення відрегульоване правильно; b – зачеплення відрегульоване неправильно; A і A_1 – відстань від торця ведучої шестірні до привалкової – площини корпусу коробки передач; B і B_1 – відстань від торця до осі веденої шестірні

на 2-3 виступи. Перевіряють зазор, затягують до краю гайки накривок вальниць і шплінтують їх.

Зачеплення шестерень головного передавача оцінюють за плямою контакту, зазором і рівнем шуму. Підбирання і контроль шестерень за плямою контакту здійснюють на спеціальному стенді.

Правильність установлення ведучої шестірні визначають за розміром $A=189\pm 1$ мм, який регулюють прокладками, що знаходяться під фланцем стакана вальниць.

Зазор у вальницях веденої шестірні регулюють у такій послідовності. Розшпінтовують і відпускають гайки кріплення накривок вальниць. Прокручуючи ведену шестірню 10, регулювальною гайкою 11 з боку торця шестірні підтискають вальницю до повного затискання шестірні, після чого відпускають гайку на 6-8 виступів. Легким постукуванням з боку зубів підтискають вальницю до регулювальної гайки 11. Шестірня має вільно обертатися від руки. Аналогічно підтискають другу регулювальну гайку і відпускають

Правильного положення плями контакту досягають шляхом взаємного відносного переміщення шестерень уздовж осі обертання.

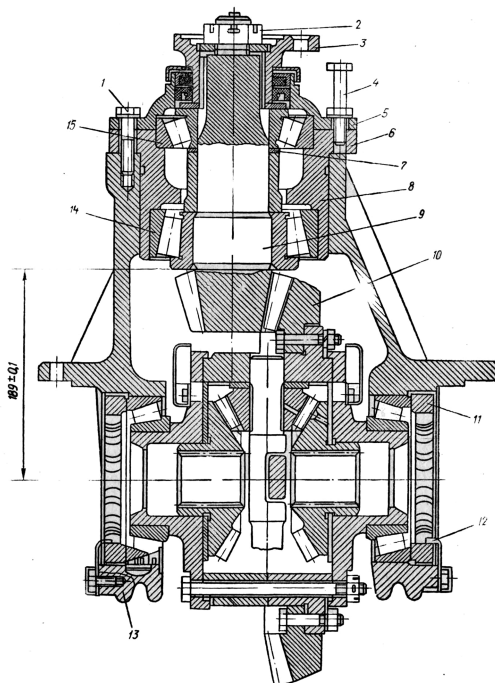


Рис. 6.25. Головний передавач трактора Т-150К:

1, 4 – болти; 2 – гайка; 3 – фланець; 5 – накривка корпусу; 6 – стакан;
7 – регулювальні прокладки; 8 – стакан вальниць; 9 – ведуча шестірня;
10 – ведена шестірня; 11 – регулювальна гайка; 12 – стопорна шайба;
13 – накривка вальниці диференціала; 14, 15 – вальниці

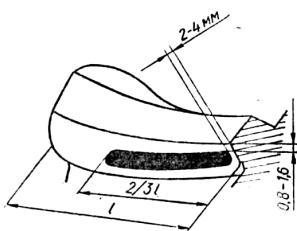


Рис. 6.26. Правильне розміщення плями контакту на зуби шестірни

Зазор у зачепленні перевіряють за допомогою індикаторної головки, а правильність зачеплення — за плямою контакту (рис. 6.26). Для цього на робочі поверхні кількох зубів веденої конічної шестірни наносять тонкий шар масляної фарби. Пригальмовуючи рукою ведену шестірню, повертають ведучу шестірню в обидва боки. Утворені плями кон-

такту свідчать про характер зачеплення шестерень (рис. 6.27). Боковий зазор і пляму контакту можна виміряти пересуванням веденої і ведучої шестерень. Ведучу шестірню пересувають, збільшуючи або зменшуючи товщину прокладок між фланцем картера вальниць вала ведучої шестірні і картером редуктора. Ведену шестірню пересувають перекаладанням прокладок з-під однієї накривки редуктора під другу. Загальна товщина прокладок має бути постійною, оскільки порушується регулювання вальниць проміжного вала. Зазор між торцевим боком півосевих шестерень і внутрішньою поверхнею диференціала регулюють установленням опорних шайб різної товщини.

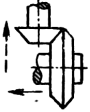
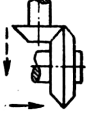
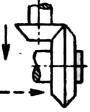
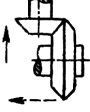
Положення плями контакту на зубах веденої шестерні		Спосіб виправлення	Напрямок переміщення шестерень:
Передній хід	Задній хід		обов'язковий у випадку необхідності
			
		Присунути ведену шестерню до ведучої. Якщо утвориться дуже малий доковий зазор між зубами, то відсунути ведучу шестерню	
		Відсунути ведену шестерню від ведучої. Якщо утвориться дуже великий доковий зазор між зубами, то присунути ведучу шестерню	
		Присунути ведучу шестерню до веденої. Якщо доковий зазор буде занадто малий, то відсунути ведену шестерню	
		Відсунути ведучу шестерню від веденої. Якщо доковий зазор буде занадто великий, то присунути ведену шестерню	

Рис. 6.27. Способи регулювання зачеплення конічних шестерень головного передавача за прямою контакту

Осьовий зазор сателітів на шийках хрестовин регулюють за допомогою шайб різної товщини, а осьовий зазор у вальницях диференціала — гайками і перевіряють за допомогою індикаторної головки.

У передніх ведучих мостів тракторів і автомобілів регулюють зацеплення конічних шестерень і зазор у вальницях головного передавача та диференціала.

Після складання ведучі мости тракторів і автомобілів обкатують і випробують на стендах без навантаження і під навантаженням. Випробують ведучі мости спочатку без навантаження за змінної частоти обертання ведучої конічної шестірні від 750 до 3000 хв⁻¹, потім під навантаженням за тієї самої частоти і гальмівного моменту на кожній півосі 130 Н·м.

У процесі випробування перевіряють роботу головного передавача і диференціала. При цьому не має бути шуму, стуків, ривків. Нагрівання вальниць до температури понад 60–80°C не допускається. Обертання маточин має бути плавним і безшумним. Якщо ці вимоги не витримуються, перевіряють правильність регулювань і усувають несправності.

Ходова частина гусеничних тракторів. Деталі ходової частини, працюють в абразивному середовищі, за сухого тертя і приймають значні динамічні навантаження, як наслідок вони інтенсивно зношуються (понад 10 мм). Тому під час ремонту вибирають такі способи, які дозволяють нанести покриття значної товщини і підвищеної стійкості проти зносу.

Ведучі колеса із одnobічним зносом зубів переставляють з одного боку трактора на другий. Великий знос зубів призводить до порушення нормального зацеплення ведучого колеса з гусеницею. Зуби відновлюють ручним дуговим наплавленням за шаблоном, заливанням рідким металом (рис. 6.28) або приварюванням нових секторів колеса (рис. 6.29).

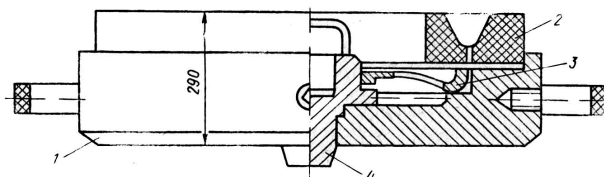


Рис. 6.28. Схема кокіля для відновлення веденого колеса заливанням рідким металом:

1 – кокіль; 2 – ливникова чаша; 3 – колесо; 4 – центрувальна вісь

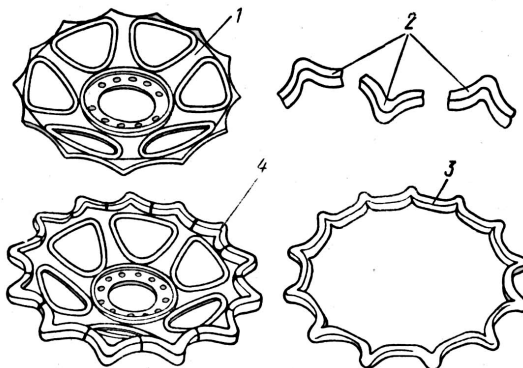


Рис. 6.29. Схема відновлення ведучого колеса приварюванням секторів:

1 — ведуче колесо; 2 — сектори; 3 — зірочка; 4 — відновлена деталь

Під час заливання рідким металом колесо встановлюють у кокіль 1, заливають металом через ливникову чашку 2 і центрують у кокіль за допомогою центрувальної осі 4. Для збільшення зчеплення металу, що заливається, з поверхнею деталі колесо і кокіль попередньо підігрівають.

Під час приварювання секторів зуби колеса відрізають по копію на спеціальній машині для кисневого різання. Колесо з обрізаними зубами вкладають у шаблон і за копієм замість відрізнаних зубів приварюють сектори 2 автоматичним зварюванням під шаром флюсу АН-348А.

Нові сектори виготовляють штампуванням або литтям, які відповідають формі зубів ведучого колеса.

Ланки гусениць виготовляють із високомарганцевистої сталі Г13Л, яка має високу стійкість проти зношування у абразивному середовищі.

Основні дефекти ланок гусениці — знос отворів вушок, бігових доріжок і ґрунтозачепів, а також тріщини.

До 80% ланок гусениць вибраковують через знос отворів і тріщини ланок. Знос отворів вушок ланок допускається до товщини стінок 3,5 мм. Їх відновлюють заливанням рідким металом або пластичним деформуванням.

Перед заливанням рідким металом торці вушок зачищають на обдирно-шліфувальному верстаті. У стінках з боку найбільшого зносу вугільним електродом пропалюють технологічні отвори розміром 10–12 мм. Встановлюють ланку вушком вверху і ставлять в неї технологічний палець, діаметр якого на 0,2–0,4 мм більший номінального ді-

аметра отвору. Ущільнюють торці металевими шайбами. Через пропалений технологічний отвір у вушко заливають розплавлену сталь 45Л, 50Л або 55Л. Метал заливають у холодну ланку, а тому сплавлення його з вушком не відбувається. Після охолодження розплавленого металу утворюється вкладиш, який копіює зношену частину отвору і утримується в ньому ливником як заклепка.

Відновлення вушок ланок способом пластичного деформування виконують у спеціальних штампах. Для цього придатні ланки з товщиною передньої стінки на дузі 120° не менше 8 мм, товщиною цівки і бігової доріжки не менше 7 мм. Спочатку ланки нагрівають у соляній електродній ванні до $350\text{--}400^\circ\text{C}$, а потім витримують 5хв у розплаві хлористого барію за температури $1000\text{--}1050^\circ\text{C}$, що дає можливість запобігти втратам і вигоранню легуючих елементів і покращує пластичність металу.

Нагріту ланку (рис. 6.30) укладають у матрицю 2, а в отвір вушка вводять технологічний палець 5. Блок основних пуансонів, переміщуючись у вертикальній площині, підтискає верхню і нижню частину вушка до пальця і за рахунок пластичного деформування витісняє метал до передньої стінки. Додаткові пуанسونи 3 підтискають передню стінку до пальця і остаточно формують вушка. Тривалість деформації ланки у штампі 5–6 с. Після цього ланки гартують у холодній воді. Бігові доріжки ланок відновлюють наплавленням під шаром флюсу.

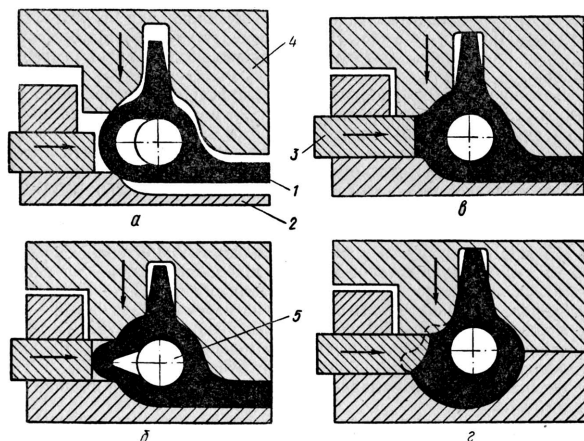


Рис. 6.30. Схема формування вушок ланок гусениць пластичним деформуванням:

а, б, в, г – послідовність деформування у гарячому стані; 1 – ланка гусениці; 2, 4 – корпус матриці; 3 – прес; 4 – корпус

Зношені ґрунтозачеми наплавляють до нормальної висоти або приварюють до їх вершин дротики діаметром 5–7 мм.

Після відновлення деталі комплектують і складають вузли ходової частини гусеничних тракторів.

Напрямне колесо після складання має вільно провертатися від зусилля руки. Осьовий розбіг колеса на колінчастій осі не має перевищувати 0,5 мм (Т-150). Ущільнювальне кільце після втискання у ковпак має вільно виходити назад під дією пружини. Поверхні тертя кілець притирають до повного прилягання до плити (перевіряють на фарбу).

Якщо осьовий розбіг у вальниках прямого колеса перевищує допустимий, виконують регулювання: затягують регулювальну гайку до тугого обертання колеса від зусилля руки за обід і відкручують її на 1/6 оберту. Перевіряють вільне обертання колеса від руки і затягують контргайку з подальшою фіксацією замковою шайбою.

Довжина пружин амортизаційного пристрою, стиснених до робочого стану, має становити 507 мм для внутрішньої і 525 ± 3 мм для зовнішньої (Т-150).

Складають каретку на спеціальних стендах. Обкатують стенди протягом 15 хв з частотою обертання котків 151 хв^{-1} .

Полотна гусениць ходової частини тракторів Т-150 і ДТ-75М мають бути складені із відновлених ланок, що відповідають таким вимогам: діаметр отвору у вушці ланки не має перевищувати $22^{+2,0}_{+0,5}$ мм; розмір цівки у місці зачеплення із зірочкою — не менше 42 мм; товщина бігової доріжки під опорні котки — не менше 7 мм; висота заклепки вкладиша, залитого через технологічний отвір, на зовнішньому боці вушка — не перевищувати 3 мм.

Крок полотна гусениці не має перевищувати 1730 мм. Його перевіряють на довжині 10 ланок не менше як на трьох ділянках гусеничного полотна за розтягувального зусилля 10 кН.

Всі пальці ланок складеної гусениці мають бути надійно зашплінтованими.

Ходова частина і механізм керування колісних тракторів і автомобілів. До основних дефектів передніх осей належать: згин і скручування, знос отворів під пальці (шворні), під стопор шворня, а також опорних торцевих поверхонь бобишок і площадок кріплення ресор.

Передні осі з тріщинами вибраковують. Згин і скручування передніх осей перевіряють на стендах і спеціальних пристроях. Балки правлять у холодному стані, не порушуючи термічну обробку.

Зношені отвори під шворні розвірчують до ремонтного розміру або запресовують в них втулки. Для збереження нормальних

кутів нахилу під час розвертання отворів використовують кондуктор або спеціальний пристрій.

Зношений отвір під стопор шворня розвірчують до ремонтного розміру і в нього встановлюють збільшений стопор.

Зношені опорні торцеві поверхні бобишок наплавляють до номінального розміру електродуговим зварюванням.

Зношені опорні поверхні площадок кріплення ресор наплавляють, а потім шліфують абразивними кругами.

Лонжерони рам можуть мати погнутість і скрученість, пошкодження кронштейнів, ослаблення заклепкових з'єднань, тріщини.

Погнуті і скручені лонжерони правлять у холодному стані за допомогою гвинтових і гідравлічних переносних пристроїв або на стендах з гідравлічним пресом. Пошкоджені кронштейни замінюють новими.

Ослаблені заклепки замінюють новими. Зношені отвори під заклепки розвірчують під їх збільшений діаметр або заварюють на мідній прокладці і обробляють під номінальний розмір.

Клепання виконують з попереднім нагріванням заклепок або без нього. Заклепки нагрівають до температури 830-900 °С. Під час холодного клепання застосовують гідравлічні клепальні установки, які дозволяють обтискати заклепки діаметром до 13 мм.

Тріщину в лонжероні або поперечині розробляють під кутом 70–90°С, а її кінець засвердлюють свердлом діаметром 4 мм. Заварюють тріщину за постійного струму зворотної полярності електродом типу УОНИ 13/55 або 03С-6 діаметром 4–6 мм. Для зміцнення зварний шов і поверхню по обидва боки від нього на відстані 3-4 мм наклепують за допомогою пневматичного молотка із сферичним бойком діаметром 4,5 мм.

Тріщини великої довжини заварюють, а на пошкоджену ділянку встановлюють прямокутну або ромбоподібну накладку. Першу приварюють тільки поздовжніми швами. Якщо тріщина проходить через весь поперечний переріз поздовжньої балки, то її заварюють, а на пошкоджену ділянку на заклепках встановлюють накладку коробчастого перерізу.

Поворотні кулаки можуть мати зноси посадочних місць під вальниці і отворів під втулки шворнів та шпонкових канавок, зривання нарізі, обломи і тріщини.

Зношені посадочні місця під вальниці передніх коліс відновлюють хромуванням або залізненням.

Пошкоджену нарізь під гайку перерізають на нарізь ремонтного розміру або наплавляють шар металу і нарізають нарізь нормального розміру. Деталі з обломами і тріщинами, із зношеними конусними отворами під важелі вибраковують. Знос вушка під бо-

бишку балки переднього моста усувають фрезеруванням. Для забезпечення номінального зазору між бобишкою балки і вушком поворотного кулака під час складання встановлюють шайбу.

Зношені втулки під шворінь замінюють новими.

Поворотні кулаки вибраковують у разі обломів і тріщин на цапфі, значного зносу конусних отворів під поворотні важелі, вушка, балку передньої осі і шпонкових канавок. У шворнів зношуються зовнішні поверхні, спряжені із втулками. Їх відновлюють хромуванням, осталюванням або перешліфовують до ремонтного розміру. У цьому випадку отвір осі розточують і в нього запресовують втулку, а втулки поворотного кулака замінюють новими із зменшеним отвором.

Зігнуті рульові тяги правлять під пресом, а поворотні важелі — за шаблоном із попереднім нагріванням. У випадку пошкодження внутрішньої нарізі наконечники рулевих тяг вибраковують.

Зношені кульові пальці рулевих тяг і втулки осі кочення не ремонтують, а вибраковують.

Черв'яки і ролики рульового керування з раковинами і тріщинами, обломами, ступінчастим зносом і відшарованим металом на робочих поверхнях вибраковують.

Ролики із зношеними торцевими поверхнями шліфують, а під час складання застосовують упорні шайби збільшеної товщини.

Маточини напрямних коліс виготовляють із сірого чавуну. Деталі з тріщинами і зломами замінюють новими. Зношені нарізні отвору розсвердлюють і нарізають у них нарізь збільшеного розміру. Посадочні місця під вальниці і отвори під обойму сальника відновлюють установленням втулок.

Тріщини у дисках коліс тракторів заварюють. Зварні шви зачищають. Зігнуті диски правлять. Ослаблені заклепки зрубують, отвори розвірчують і встановлюють заклепки збільшеного розміру.

Несправності підвіски автомобілів — це ослаблення кріплень вузлів і деталей, стрем'янок, ресор, погіршення роботоздатності амортизаторів, з'явлення підтікань рідини з амортизаторів знос і корозія листів ресор.

Під час розбирання амортизатор кріплять у тисках за нижню накривку. Гайку резервуара відкручують спеціальним ключем за витягнутого до краю штока амортизатора. За допомогою викрутки піднімають обойму сальника разом із сальником штока на 30–40 мм і за допомогою металевого дротика із загостреним кінцем виймають сальник гайки резервуара із гнізда прямої штока. Клапан стискання випресовують з циліндра з використанням дерев'яної оправки.

Перед складанням корпус амортизатора перевіряють на герметичність стисненням повітрям під тиском 0,3МПа у ванні з водою. Під час складання всі деталі амортизатора змащують веретенним мастилом АУ.

Залежно від дефекту ресорні листи відновлюють або замінюють новими.

Основні дефекти ресор: зменшення стріли прогину через втрату пружності, тріщини і поломка окремих листів, знос отворів під втулки, торців вушок і листів за товщиною.

Листи, які втратили нормальну форму і пружність, відпалюють і вигинають за шаблоном. Після цього їх гартують і відпускають до потрібної твердості.

У випадку зносу отворів під втулки підгинають вушки. Незначне порушення форми листів усувають наклепуванням у холодному стані ударами молотка з боку ввігнутої поверхні листа. Листи з тріщинами замінюють новими.

Перед складанням листи зачищають, промивають і змащують графітним мастилом.

Складені ресори випробують на стенді для перевірки стріли прогину або відстані, на яку вона подовжується за прогину.

Від певного навантаження стріла прогину має дорівнювати нулю, а після знімання навантаження — мати початкове значення у вільному стані.

У кулачків шарнірів передніх ведучих мостів зношуються бігові доріжки кульок, шліци та інші поверхні.

Бігові доріжки відновлюють так. Нагрівають головку кулака у печі до температури 550–600°C і наплавляють за допомогою газового пальника дротом сормайту № 2 діаметром 2–3 мм. Товщина наплавленого шару 2,5–3 мм. Після наплавлення головку нагрівають до температури 800–820°C і гартують у мастилі на довжині 60 мм. Потім шарнір відпускають, нагрівши його до температури 400–500°C (HRC 58–65) і шліфують.

Складений шарнір має повертатися на кут 10–15° від прямолінійного положення після прикладання зусилля 150 Н на плечі 450 мм.

У гальмових барабанах зношується їх внутрішня поверхня, тому її проточують до ремонтного розміру за допомогою спеціального пристрою на токарному верстаті (рис. 6.31). Барабани розточують за зносу поверхні понад 0,6 мм і вибраковують за збільшення діаметра на 4–6 мм. Барабани з тріщинами і обломами вибраковують.

Маточини передніх і задніх коліс можуть мати зноси гнізда під вальниці і нарізні отвори під шпильки заднього колеса.

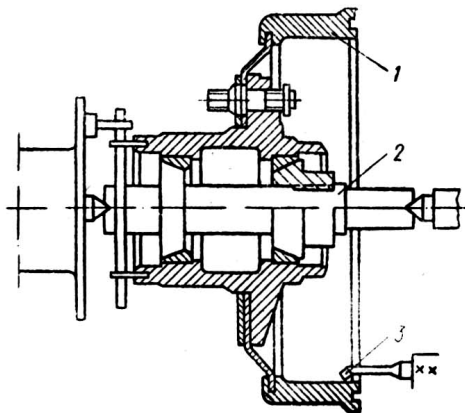


Рис. 6.31. Розточування гальмового барабана на токарному верстаті:
1 – барабан; 2 – оправка пристрою; 3 – різець

Гнізда під вальниці відновлюють наплавленням або запресуванням втулки (натяг 0,05–0,15 мм) з подальшою механічною обробкою під номінальний розмір.

Зношену нарізь в отворах під шпильки кріплення фланця півосі заднього колеса перерізають на нарізь ремонтного розміру або встановлюють вкрутні.

У дисках коліс зношуються конусні отвори їх роззенковують і приварюють конусні шайби (втулки).

Вм'ятини і згини дисків усувають правленням у холодному стані або після нагрівання пошкодженого місця полум'ям газового пальника.

Зігнутість півосей усувають правленням, а зношені шліци відновлюють наплавленням поздовжніми швами. Після цього шліци фрезерують з подальшим гартуванням СВЧ за температури 1123–1173°C і охолодженням у маслі. Відпускання виконують за температури 848–873°C з подальшим охолодженням на повітрі.

Після ремонту перевіряють схід передніх коліс за допомогою спеціального пристрою, який дорівнює: для ГАЗ-53А – 0–3 мм, для ЗИЛ-130 – 2–5 мм; для КамАЗ – 1–3 мм.

Після встановлення і регулювання рульове керування вважається справним, якщо сумарний люфт у вантажних автомобілів не перевищує 25°.

Сумарний люфт у рульовому керуванні перевіряють динамометром люфтометром. Зусилля на рукоятці динамометра для вантажних автомобілів знаходиться у межах 7,5–12,5Н. У автомобілів з гідропідсилювачем приводу рульового керування сумарний люфт,

перевіряють під час роботи двигуна. У випадку збільшеного люфту виявляють, який вузол його викликає, послідовно перевіряючи шарніри рулевих тяг і механізму рулевого керування. У регульованих шарнірах поздовжніх тяг для регулювання пробку затягують до упору, а потім відпускають до першого можливого положення для шплінтування, але не більше 1/4 оберту і шплінтують.

6.3. Ремонт автотракторного електрообладнання

Ремонт акумуляторних батарей. До основних несправностей акумуляторних батарей належать: окиснення і пошкодження вивідних клем батарей; тріщини корпусу банки, накривок, перегородок, мастики та її розшарування; прискорене саморозрядження; сульфатація, коротке замикання; руйнування пластин.

Прискорене саморозрядження акумуляторів виникає внаслідок замикання вивідних клем електролітом, який потрапив на поверхню накривок, або бруду, у випадку замикання пластин різної полярності активною масою, що обсіпається, або через руйнування сепараторів.

Саморозрядження викликають домішки металів, які є у решітках пластин і в присутності електроліту утворюють місцеві гальванічні пари.

Сульфатація пластин — це утворення крупних важкорозчинних кристалів сірчанокислого свинцю (PbSO_4) у вигляді білих плям на поверхні пластин і на стінках пор активної маси. Ці кристали закупорюють пори активної маси пластин, що перешкоджає проникненню електроліту в глибину пластин. Як результат не вся активна маса братиме участь у роботі, що знижує ємність акумулятора. Сульфатація пластини прискорюється за тривалого зберігання батареї без підзаряджання, підвищеної густини електроліту, великого розряджання, взаємодії пластин з повітрям за зниженого рівня електроліту, систематичного недозаряджання батареї і потрапляння сторонніх домішок в електроліт.

Неглибоку сульфатацію усувають тривалим заряджанням малою силою струму, яка не перевищує 0,05 ємності батареї. При цьому електроліт зливають, промивають батарею дистильованою водою, а потім знову заливають в акумулятор дистильовану воду. Після заряджання батареї, коли густина електроліту досягне $1,15 \text{ г/см}^3$, операцію повторюють, заливаючи дистильованою водою. Заряджання продовжують, доки густина електроліту не збільшуватиметься. Глибока сульфатація пластин не усувається.

Коротке замикання пластин виникає внаслідок руйнування сепараторів, випадання активної маси на дно бака і кромки сепараторів.

Короткозамкнутий акумулятор швидко розряджається, а пластини його сульфатуються.

Руйнування пластин виникає через тривале перезаряджання батареї, замерзання води в електроліті, зниження рівня електроліту нижче верхньої кромки пластин, коротке замикання батареї тощо. Воно прискорюється за підвищення густини і температури електроліту.

Способи і засоби контролю технічного стану акумуляторних батарей ґрунтуються на властивостях електрохімічних процесів, які проходять в акумуляторах за такою схемою:

Анод	Катод	Електроліт	Напрямок процесу	Анод	Катод	Електроліт
PbO ₂	Pb	H ₂ SO ₄	розряд → заряд ←	PbSO ₄	PbSO ₄	2H ₂ O

Із схеми видно, що густина електроліту в разі розряджання зменшується і може бути ознакою розрядженості акумуляторної батареї, а отже, і оцінкою (параметром) її технічного стану. Разом з тим густина електроліту зв'язана з ЕРС залежністю:

$$E = 0,84 + \gamma V, \quad (6.3)$$

де 0,84 — постійне число; γ — густина електроліту, приведена до 15 °С, розрахунок якої визначається із відношення:

$$\gamma_{15} = \gamma_t + (t-15) \cdot 0,0007 \text{ г/см}^3, \quad (6.4)$$

де γ_t — виміряна густина, електроліту, г/см³, t — температура електроліту, °С.

Густину електроліту вимірюють денсиметром. Вона коливається в межах 1,10–1,31, що відповідає коливанню ЕРС (за наведеною вище залежністю) 1,94–2,15 В.

Рекомендована густина електроліту для зарядженого акумулятора залежить від температурних умов, в яких експлуатується акумуляторна батарея. У зимових умовах густина електроліту повинна мати великі значення із вказаного вище інтервалу. Це пояснюється тим, що у цьому випадку допустима густина для розрядженого акумулятора теж буде вищою, що захистить електроліт від замерзання за низьких температур. Водночас експлуатація батарей

за підвищеної густини електроліту знижує його довговічність. Ось чому доцільно змінювати густину електроліту влітку і взимку.

ЕРС вимірюється вольтметром як напруга на вихідних клемах акумуляторів без включеного споживача електричної енергії, тобто без навантаження. Під час вмикання споживача напруга на вихідних клемах акумулятора, а отже, і всієї батареї, падає за рахунок внутрішніх втрат, що впливає із залежності для напруги:

$$U = E - Ir, \quad (6.5)$$

де I — струм під час розряджання батареї через споживача (струм навантаження);

r — внутрішній опір батареї.

Із наведеної залежності бачимо, що більший внутрішній опір акумуляторної батареї, викликаний, наприклад, сульфатацією пластин, то меншою буде напруга на вихідних клемах акумуляторної батареї, хоч ЕРС може не змінитися, оскільки її значення залежить тільки від густини електроліту. Тому головною оцінкою технічного стану акумуляторної батареї є напруга батареї, виміряна під навантаженням. Для цього застосовують прилад — навантажувальну вилку, в якій є вольтметр із додатковим опором (0,01 або 0,02 Ом), включеним паралельно до вольтметра. Цим приладом можна виміряти ЕРС (за вимкненого опору) або напругу під навантаженням для кожної секції акумулятора.

Для оцінювання стану акумуляторної батареї можна скористатися такими даними: зниження густини електроліту (відносно початкової за повної зарядженості батареї) на 0,01 призводить до розряджання на 6,25 %, а напруга під навантаженням 100 А характеризує стан батареї такими даними: 1,7–1,8 В — батарея повністю заряджена, 1,5–1,6 В — розряджена на 50%, 1,3–1,4 В — розряджена до допустимих меж.

Під час надходження акумуляторних батарей у ремонт їх очищають від забруднень і оглядають. У випадку тріщин у накривках і баках, спучування і відшарування мастики батареї розбирають і ремонтують. Якщо цих дефектів нема, вимірюють ступінь розряджання батарей, рівень і густину електроліту. Якщо густина електроліту нижче 1,2 або розряджений хоча б один акумулятор до напруги нижче 1,4 В, батарею розбирають і ремонтують. Якщо ж напруга в батареї вище 1,4 В, її піддають контрольному заряджанню. Коли акумулятор погано приймає заряд, тобто швидко падає напруга після заряджання, або напруга однієї із секцій акумуляторів нижча 1,6 В, це вказує на сульфатацію, коротке замикання або випадання активної маси. Таку батарею розбирають і ремонтують.

Розбирають акумуляторні батареї у такій послідовності. Зливають електроліт з корпусу батареї у ванну. Трубочастою фрезою Ø 16 мм висвердлюють вихідні затискачі і міжелементні з'єднання глибиною, яка дорівнює товщині міжелементного з'єднання, і лопаткою з електропідігріванням (180–200 °С) повністю видаляють мастику. За допомогою пристрою знімають накривку, а екстрактором видаляють блоки пластин із моноблока.

Розбирають блок на півблоки, розводячи їх зусиллям руки. Дефектують сепаратори. Півблоки розбирають на окремі пластини, випилюючи придатні пластини ножівкою, або розплавляючи їх вушка полум'ям пальника. Пластинки із зруйнованою решіткою, спученою та випавшою активною масою, а також із сильно і крупнозернистою сульфатацією вибраковують. Придатні півблоки і окремі пластини промивають водою.

Пластини вважаються придатними, якщо їх решітки достатньо міцні, а кромки цілі, активна маса позитивних пластин має коричневий колір, а від'ємних — світло-сірий і міцно тримається у решітках, немає тріщин і відшарувань.

Ремонтують пластини з випаданням активної маси не більш як із семи чарунок решітки у різних місцях.

Придатні, але жолороблені пластини (по 5–7 шт. у стопці) опресовують на пресі із зусиллям 50 кН протягом 30 с, укладаючи між ними металеві підкладки товщиною не менше 7 мм. Після миття і сушіння пластини кладуть у шаблон і наплавляють обломані вушка свинцем із присадного дроту киснево-ацетиленовим полум'ям або електрозварюванням вугільним електродом.

Моноблоки зі здутими або покوروبленими стінками і внутрішніми перегородками вибраковують.

Відновлюють моноблоки із наскрізними тріщинами у стінці або перегородці, які порушують їх герметичність. Тріщину у баці виявляють візуально, заповнивши його теплою водою або під час перевірки бака на електропроникність (рис. 6.32).

Під час перевірки бака на електропроникність (за допомогою вольтметра) густина електроліту має бути 1,04–1,08 г/см³.

На тріщині бака знімають фаску з двох боків під кутом 90–120° на глибину 3–4 мм за всією довжиною (рис. 6.33). Кінці тріщин засвердлюють свердлом Ø3–5 мм. Зачищають поверхню бака біля тріщини наждачною шкуркою і наносять шпателем клей на основі епоксидної смоли ЕД-6 з одного боку і просушують до повного затвердіння клею. Склад клею, вагових частин: епоксидна смола ЕД-6-100, пластифікатор (дибутилфталат) — 15–18, затвердник (поліетиленполіамін) — 7–9, наповнювач (ебонітовий порошок) — у кількості, необхідній для отримання певної консистенції. Потім тріщину зароб-

ляють з протилежного боку і знову просушують, а після цього перевіряють бак на електропроникність.

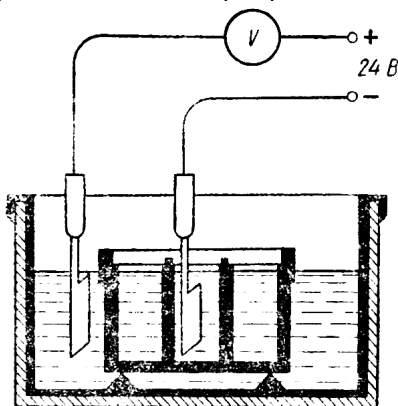


Рис. 6.32. Схема перевірки бака на електропроникність

Зварюють газовим (свинцевим дротом) або електродуговим (вугільним електродом) зварюванням.

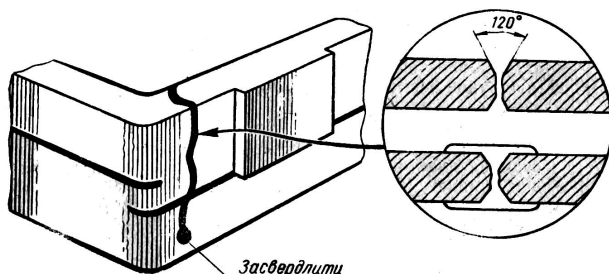


Рис. 6.33. Розробка тріщини у стінці акумуляторної батареї

У складену акумуляторну батарею заливають електроліт густиною 1,22–1,25 до нормального рівня (10–15 мм вище запобіжного щитка), витримують 4–6 год для просочування пластин електролітом і ставлять на заряджання.

Заряджають акумуляторну батарею одним із двох способів: за постійного струму (послідовне з'єднання акумуляторних батарей) або за постійної напруги (паралельне з'єднання акумуляторних батарей).

У першому випадку сила зарядного струму підтримується постійною. Оскільки зарядний струм:

Після ремонту акумуляторну батарею складають у послідовності, зворотній розбиранню, виконуючи при цьому між окремими складальними операціями допоміжні: наварювання вушок пластин за шаблоном, зварювання у півблоки в кондукторі, наварювання вивідних клем за шаблоном, заливання нової мастики (суміш 75% нафтового бітуму і 25% машинного масла, нагріту до 170–180°C) у заглиблення між накривками і стінками моноблоків.

$$I_3 = \frac{U - E}{r}, \quad (6.6)$$

а ЕРС батареї у міру заряджання зростає, то для підтримання постійного зарядного струму потрібно у міру заряджання підтримувати напругу на затискачах батареї. Для цього послідовно із заряджуваною батареєю має бути ввімкнений реостат (рис. 6.34). Коли напруга на затискачах батареї U досягне 2,4 В на елемент (початок газовиділення), то зарядний струм знижують у 2–3 рази і закінчують заряджання за пониженого зарядного струму. Кількість струму Q , отриману батареєю під час заряджання, зображено заштрихованою площею. При цьому способі батареї вмикають послідовно. Загальна кількість послідовно ввімкнених елементів не має перевищувати $U_M/2,7$, де U_M — напруга мережі. Всі батареї мають бути однакової ємності.

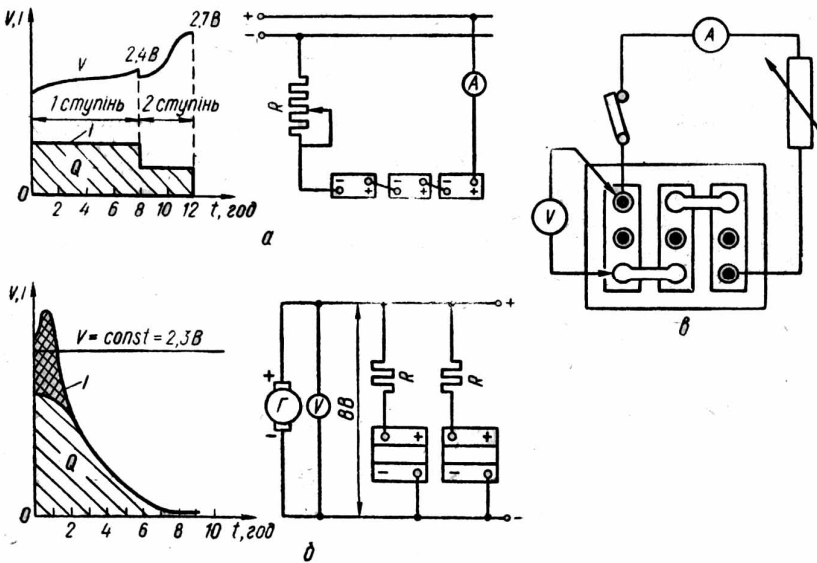


Рис.6.34. Схеми заряджання (а, б) і розряджання (в) акумуляторних батарей

Заряджання постійною силою струму є більш універсальним способом. Він дозволяє довільно вибирати величину зарядного струму і контролювати його амперметром протягом всього часу заряджання. Недоліком цього способу є тривале заряджання і необхідність постійного контролю і регулювання зарядного струму.

Заряджання за постійної напруги виконують тоді, коли батареї вмикаються паралельно між шинами, на яких підтримується постійна напруга близько 2,3 В на елементі і контролюється вольтметром.

Зарядний струм I_3 спочатку буде великий, потім, у міру збільшення ЕРС батареї, різко падатиме. Внаслідок великого зарядного струму спочатку час заряджання скоротиться і протягом перших трьох годин батарея отримає близько 80% всієї необхідної їй кількості струму. Заряджання автоматично закінчиться за малого струму майже без газовиділення.

Недоліком цього способу є великий зарядний струм на початку заряджання, що перевантажує зарядний агрегат.

Для обмеження зарядного струму послідовно із батареєю, що заряджається, вмикають баласний опір R постійної величини. Напругу на шинах у цьому випадку підтримують близько 2,65 В на елемент. Зарядний струм викликає у баласному опорі падіння напруги $I_3 R$, внаслідок чого напруга на затискачах батареї:

$$U = U_v - I_3 R, \quad (6.7)$$

де U_v — напруга генератора.

З формули бачимо, що напруга U залежить від зарядного струму I_3 і підвищується із зменшенням останнього. Зарядний струм, зберігаючи попередній спадний характер, змінюватиметься тепер не так різко і величина його на початку заряджання значно зменшиться. Що менша напруга генератора U_g або що більший баласний опір, то плавнішою буде крива зарядного струму і більше часу потрібно на заряджання батареї.

На заряджання батарею ставлять з електролітом, температура якого не вище 30 °С. Зарядний струм має відповідати технічним умовам для батареї цієї марки. Як правило його вибирають рівним 0,1 номінальної ємності батареї. Під час заряджання температура електроліту не має перевищувати 45 °С.

Кінець заряджання визначають за сильним газовиділенням (кипінням) або стабільністю напруги на клеммах акумуляторів за останні 2 год заряджання. Після заряджання перевіряють густину електроліту і за необхідності вирівнюють її у всіх акумуляторах до нормальної, доливаючи дистильовану воду, якщо щільність підвищена, або робочий електроліт щільністю 1,4, якщо вона нижче норми. Після цього продовжують заряджання.

Для контролю фактичної ємності акумуляторної батареї після заряджання її 10 год розряджають за струму, рівного 0,1 ємності акумуляторної батареї, до напруги 1,7В на одному із акумуляторів, а потім знову заряджають за цим самим режимом. Ємність відре-

монтованої акумуляторної батареї має бути не менше 90 % номінальної.

Потрібно пам'ятати, що номінальну ємність акумуляторної батареї задає завод-виготовлювач чітко для певного режиму контрольного розряджання (у наведеному прикладі він відповідає 10-годинному розрядному режиму), оскільки із збільшенням струму акумулятор розряджається непропорційно швидше і показник виміряної ємності (добуток сили розрядного струму на час розряджання) матиме менше значення, і навпаки, із зменшенням струму — більше значення. Це пояснюється тим, що процес розряджання у найближчих до поверхонь пластин шарах проходить швидше, ніж конвекційне переміщення електроліту, яке забезпечує вирівнювання його густини і нормальних електрохімічних процесів.

Вказана вище технологія ремонту акумуляторних батарей, прийнята у випадку коли конструктивні особливості батареї дозволяють її виконувати. Останнім часом в експлуатацію надходять акумуляторні батареї безрозбірні, які за виконання правил їх експлуатації не потребують ремонту.

Ремонт приладів системи запалювання. Характерними несправностями переривників-розподільників є зношування, обгорання і окисація робочої частини контактів; зношення ковзних вальниць вала приводу і кулькової вальниці диска і кулачків переривника; ослаблення і поломка пружин відцентрового і вакуумного регуляторів випередження запалювання, пошкодження діафрагми вакуумного регулятора; тріщини і порушення ізоляції накривки і ротора розподільника.

У випадку значного зношування або обгорання контакти переривника замінюють новими, незначного — зачищають спеціальною абразивною пластиною або дрібнозернистою скляною шкуркою. Під час зачищення необхідно забезпечити паралельність робочих поверхонь контактів і щільне їх прилягання у замкнутому стані.

Зношені вальниці ковзання вала приводу і кулькові вальниці диска переривника замінюють новими, а посадочні шийки вала приводу відновлюють хромуванням з подальшим шліфуванням під нормальний розмір.

Ослаблені пружини відцентрового і вакуумного регуляторів, вакуумний регулятор із пошкодженою діафрагмою та несправні накривку і ротор замінюють новими.

Основними дефектами індукційних катушок є пробивання ізоляції і міжвиткове замикання у первинній і вторинній обмотках, обломи і тріщини в накривці, перегорання додаткового опору.

Індукційну катушку під час ремонту оглядають і перевіряють на стенді іскроутворення, встановлюють міцність ізоляції первин-

ного ланцюга. У випадку виявлення основних дефектів індукційну котушку замінюють новою.

Свічки запалювання можуть мати тріщини на ізоляторі, нагар на юбці ізолятора і внутрішній частині корпусу, підгорання електродів і збільшення зазору між ними. Несправні свічки запалювання замінюють новими.

Сучасні автомобілі, трактори, комбайни мають генератори змінного струму, які порівняно із генераторами постійного струму мають менші розміри і масу за однакової потужності і більш високу надійність. Основними несправностями генераторів змінного струму є обриви обмоток ротора і статора (рис. 6.35). У випадку обриву (лампа не горить) зачищають кінці обірваних проводів, скручують їх, спаюють припоєм ПОС-30 і ізолюють.

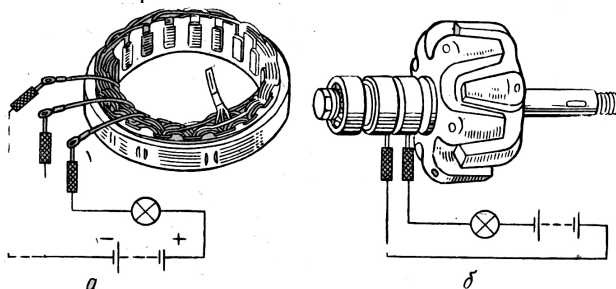


Рис. 6.35. Перевірка обмотки статора (а) і ротора (б) на обрив

Замикання на «масу» обмоток ротора і статора виявляють за схемами, зображеними на рис. 6.30, 6.31. Якщо замикань немає, лампа не загорається. За цих дефектів обмотки замінюють новими.

Міжвиткове замикання в обмотках виявляють вимірюванням їх опору за допомогою омметра. За його наявності котушку замінюють.

Опори фазних обмоток статора (опори між двома будь-якими виводами) мають бути рівними.

Окиснення, підгорання і зношування контактних кілець ротора зачищають скляною шкуркою або проточують і шліфують їх поверхню.

У випадку втрати магнітних властивостей ротора його намагнічують. Величину намагніченості перевіряють магнітотестером. Вона має бути не менше 220 мкВб.

Зношування посадочних місць під кулькові вальниці ротора усувають заміщенням.

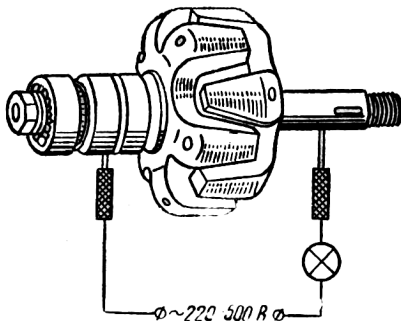


Рис. 6.36. Перевірка обмотки збудження на замикання з корпусом ротора

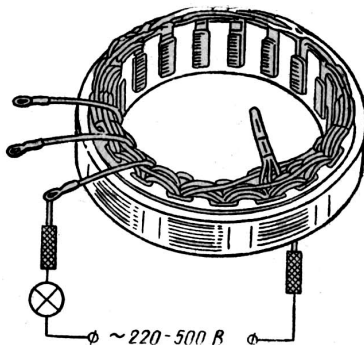


Рис. 6.37. Перевірка обмотки статора на замикання з корпусом

Пошкоджену зовнішню ізоляцію полюсних котушок статора замінюють новою бавовняною стрічкою з подальшим просочуванням лаком і сушінням у печі.

Обрив проводу між котушками і виводами котушок статора усувають зачищенням кінців обірваних проводів, їх скручуванням і паянням припоєм ПОС-40 з подальшою ізоляцією.

У випадку короткого замикання між витками котушки статора її замінюють новою.

Якщо пошкоджена нарізь в отворах накривки, то її нарізають нову (ремонтного розміру), а якщо є тріщини і обломи накривки, то її замінюють новою.

Діоди з тріщинами і обломами, обривами і пробоями замінюють новими.

Зношені за висотою понад допустиму величину щітки замінюють.

Генератори складають у послідовності, зворотній розбиранню.

Основними несправностями реле-регуляторів є тріщини в основі і облом вушка кріплення (усувають заварюванням електродуговим зварюванням), пошкодження нарізі отворах і на гвинтах (усувають нарізанням нарізі ремонтного розміру, а гвинти замінюють новими), пробивання ізоляції струмопровідних деталей (замінюють новою, ізоляція має витримувати протягом однієї хвилини напруту 380 В змінного струму), перегорання проводів і додаткових опорів (замінюють новими і контролюють за допомогою омметра), підгоряння (визначають візуально). Контакти з невеликим підгорянням зачищають дрібною скляною шкуркою № 170 або плоским надфілем, потім протирають замшею, змоченою у бензині. Після

зачищення поверхні контактів мають бути чистими, рівними і паралельними між собою.

Срібні контакти завтовшки менше 0,7 мм замінюють новими. Для видалення контакту спилують напилком головку, вибивають стрижень із пластини якоря або тримача, вставляють новий контакт і розклепують стрижень контакту спеціальним пристроєм. Вольфрамкові контакти, товщина яких менше 0,5 мм, видаляють і замінюють новими.

Вольфрамовий контакт паяють за допомогою флюсу (порошкоподібної бури) і припою (мідної стрічки завтовшки 0,1 мм або латунної стрічки ПМЦ-36, ПМЦ-48, ПМС-54). Зусилля стискання електродів вибирають у межах 200–400Н. Режим паяння: струм 80–100 А, тривалість 4–6 с.

Обрив або перегорання проводів резисторів виявляють оглядом і шляхом вимірювання опору омметром. Пошкоджені резистори замінюють новими або перемотаними ніхромовим дротом. Пошкоджену котушку замінюють новою або перемотаною.

Зазор між контактами у регуляторі напруги і реле захисту контактно-транзисторного реле-регулятора типу РР362 регулюють підгинанням стояка контактів. Зазор у регуляторі напруги дорівнює 0,25–0,3 мм, а в реле захисту — 0,15–0,25 мм.

Зазор між якорем і осердям (0,7–0,8 мм) регулюють за замкненням контактів шляхом переміщення стояка догори або донизу, попередньо звільнивши гвинти кріплення стояка.

Обрив виводів контролюють лампою 15–25 Вт і усувають зачищенням кінців та їх спаюванням припоєм ПОС-40.

У випадку міжвиткового замикання обмотки і пробивання на «масу» реле-регулятор замінюють.

Основні несправності безконтактних реле-регуляторів зв'язані з виходом із ладу транзисторів, діодів, стабілізаторів тощо. Вони не відновлюються, тому ремонт реле-регуляторів зводиться до визначення і заміни непридатних елементів схеми новими.

Несправності реле-регуляторів виявляють на стенді під час роботи із справним генератором змінного струму.

Несправності стартера, як і генератора, можна розділити умовно на електричні і механічні.

Основними несправностями полюсних котушок стартерів є пошкодження зовнішньої ізоляції, міжвиткове замикання, обрив виводу щітки, пошкодження перемички між котушками.

Пошкодження зовнішньої ізоляції котушок визначають візуально і перевіркою під напругою 220 В. Пошкоджену ізоляцію замінюють новою.

Міжвиткове замикання виявляють шляхом вимірювання опору котушки так, як і котушки генераторів.

Пошкоджену котушку перемотують, пошкоджені перемички полюсних котушок і обрив виводу щітки виявляють візуально або контрольною лампою. Дефекти усувають паянням перемички і виводу щітки.

У якоря стартера можуть виникнути такі дефекти: відпаювання кінців секцій від колекторних пластин, замикання пластин колектора між собою і на «масу», коротке замикання секцій.

У випадку замикання пластин колектора на «масу» якор вибирають.

Відпаювання кінців секцій від колекторних пластин виявляють візуально і контрольною лампою під напругою 220 В. Кінці секцій зачищають і припаюють до колекторних пластин припоєм ПОС-40.

Замикання пластин колектора між собою визначають дефектоскопом. При цьому поверхню колектора шліфують скляною шкуркою і очищають тампоном, змоченим у бензині.

Коротке замикання секцій виявляють на дефектоскопі і замкнуту секцію видаляють. Для цього кінці секцій відпаюють від пластин колектора. Знімають верхній шар проводів і видаляють пазову ізоляцію, а потім нижній шар проводів. Паз якоря зачищають скляною шкуркою, кладуть електроізоляційний картон і обтискають його по пазу. У паз вкладають проводи нижніх секцій, на них — електроізоляційний картон і верхні частини секцій. Кінці секцій припаюють до колектора. Секції якоря закріплюють у пазах накладанням дріт'яного бандажу, під який установлюють пресшпанову прокладку, а також карбуванням пазів якоря.

У корпусу стартера може бути зминання, забоїни і задирки на посадочних місцях під накривки; пошкодження ізоляції контактного болта, пошкодження нарізі в отворах, тріщини.

Робоча поверхня полюсних башмаків може мати місцевий виробіток через торкання якоря, забоїни і задирки, а також знос нарізі в отворах під болт кріплення до корпусу.

У якоря стартера може бути пошкоджене залізо, зношена шийка вала у місцях спряження з вальніцями, обгорання і зношення колектора.

Шийку вала під вальниці шліфують до виведення слідів зношування і залізнюють, а поверхню колектора шліфують.

У накривці з боку колектора можливе зминання і забоїни на циліндричному пояску, спряженому з корпусом; зношування гнізда під вальниці і внутрішнього гнізда вальниці; ослаблення кріплення щіткотримачів; пошкодження ізоляції під ізованими щіткотримачами; ослаблення пружини щіткотримачів і їх поломка.

Зношування гнізда під вальницю контролюють за допомогою індикаторного нутроміра. Допустимий натяг між отвором гнізда і зовнішньою поверхнею вальниці ковзання має бути не менше 0,1 мм. Отвір гнізда розвірчують під ремонтний розмір так, щоб забезпечити натяг у спряженні з вальницею не менше 0,2–0,3 мм. Внутрішній діаметр вальниці ковзання розвірчують під ремонтний розмір і замінюють вальницю новою.

Ослаблене кріплення щіткотримачів усувають заміною заклепки або розклепуванням старих. Пошкоджену ізоляцію під щітки замінюють новою.

Пружини, які втратили пружність, замінюють новими. Нові щітки притирають до колектора, а зношені за висотою, замінюють. У накривці з боку приводу можливі задирки на циліндричній поверхні фланця, спряжений з корпусом; знос отвору під вальницю і вальниці; тріщини і відколювання вушок фланця кріплення стартера; знос нарізі в отворах.

Технологія ремонту вузла вальниці аналогічна технології ремонту накривки з боку колектора.

Тріщини і відколювання вушка усувають електродуговим або газовим зварюванням.

Деталі приводу з обгінною муфтою можуть мати знос зубів шестірні, внутрішнього отвору вальниці втулки і гнізда під вальницю; ослаблення пружності пружини. Зношену вальницю замінюють новим.

Пружність пружини контролюють на приладі, яка має бути не менше 17,5 кг за осадження її на 16 мм. У випадку втрати пружності пружину замінюють новою.

Зношування зубів шестерень контролюють штангензубоміром, і за збільшення його понад допустиме значення шестірні бракують.

Забоїни, задирки і зминання зубів на торцевій поверхні усувають шліфуванням торців.

Після складання статорів регулюють механізм їх вмикання.

Виліт шестірні стартера з дистанційним електромагнітним вмиканням регулюють, під'єднуючи стартер до акумуляторної батареї. Зазор А між торцем шестірні і опорним кільцем (рис. 6.38) має знаходитися у межах, установлених технічними умовами цієї марки стартера. За потреби його регулюють гвинтом 5. Для цього розшпінтовують гвинт 6 і виймають палець. Для зменшення зазору гвинт вкручують, а для збільшення — викручують. Після регулювання зазору встановлюють початкове положення шестірні (відстань Б відповідно до ТУ) за допомогою гвинта 7.

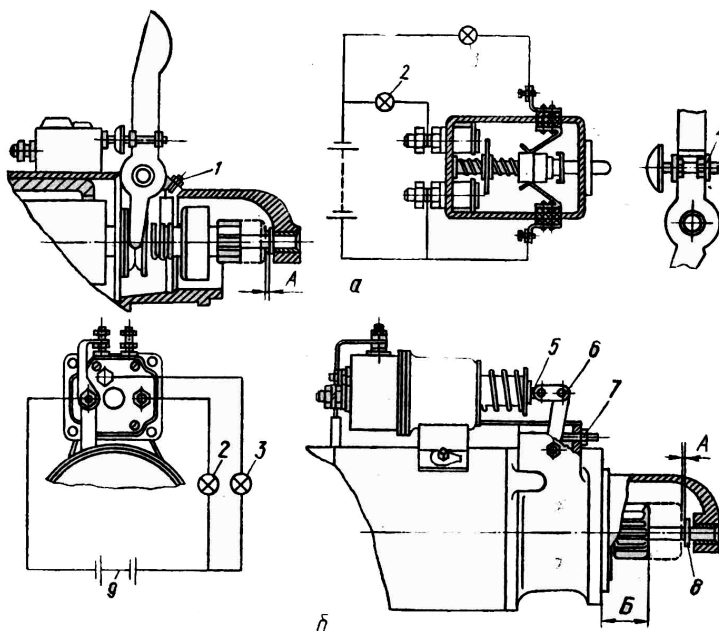


Рис. 6.38. Регулювання стартерів:

а — з безпосереднім вмиканням; б — з електромагнітним вмиканням;
 1 — регулювальний гвинт; 2, 3 — лампи; 4, 5 — гвинти регулювання
 моменту вмикання стартера; 6 — гвинт; 7 — гвинт регулювання
 початкового положення шестірні; 8 — упорне кільце;
 9 — акумуляторна батарея

У статорі із безпосереднім включенням для регулювання зазору між торцем шестірні і опорною шайбою вкручують регулювальний гвинт і за допомогою шаблона (металевої лінійки) встановлюють його між упорною шайбою і торцем шестірні. Потім фіксують гвинт 1.

Після встановлення зазору регулюють момент вмикання основних і допоміжних контактів вмикача на одночасність за допомогою контрольних ламп, увімкнених в електричну схему стартера.

У стартері з дистанційним вмиканням момент замикання контактів регулюють гвинтом якоря тягового реле.

Після ремонту окремих деталей і вузлів складають генератори, реле-регулятори, стартери, переривники-розподільники і випробують їх на стендах типу КИ-968 або 532М. Перед випробуванням генератори обкатують на стенді протягом 5–10 хв за частоти обертання ротора 1500–2000 хв⁻¹ і навантаження 10–14 А.

Генератори змінного струму випробовують у режимі холостого ходу і під навантаженням. У режимі холостого ходу вимірюють частоту обертання ротора, за якої генератор дає номінальну напругу. У режимі навантаження вимірюють частоту обертання ротора, при якій генератор дає номінальну напругу на номінальному струмі навантаження.

Стартери випробовують на безвідмовність роботи механізму вмикання, частоту обертання якоря, безшумність роботи і силу струму на холостому ходу. Крім того, їх випробовують у режимі повного гальмування, визначаючи силу споживаного струму і крутий момент, який розвиває стартер.

Складені реле-регулятори регулюють і випробовують разом з генераторами.

Під час випробування на стенді КИ-968 переривників-розподільників перевіряють кут замкнутого стану контактів, чергування і безперебійність іскроутворення, характеристику відцентрового і вакуумного регуляторів випередження запалювання, натяг пружини молоточка переривника, електричну міцність ізоляції.

Перед випробуванням переривник-розподільник обкатують разом з катушкою протягом 30 хв за частоти обертання валика 2000 хв^{-1} .

Транзисторні комутатори випробовують на стендах для виявлення прихованих дефектів напівпровідникових приладів і контролю якості складальних робіт. Обкатування на стенді здійснюють протягом 1 год 45 хв на робочих режимах. Комутатор має забезпечувати безперебійне іскроутворення на триелектродних голчастих розрядниках з іскровим проміжком 7 мм за частоти обертання вала переривника-розподільника до 2750 хв^{-1} .

Індукційну катушку і конденсатор перевіряють на безперебійність іскроутворення і якість іскри, а катушку — на силу споживаного струму.

6.4. Ремонт гідравлічних систем

Найбільш поширеними та основними видами зношування деталей гідроагрегатів є абразивний та гідроабразивний.

Основні несправності агрегатів гідросистем — падіння об'ємного к.к.д. нижче встановленої технічними умовами норми, порушення регулювань, погіршення керованості, граничні зноси деталей. Зношування деталей і старіння гумових ущільнень агрегатів і вузлів призводять до зовнішніх і внутрішніх підтікань робочої рідини, внаслідок чого знижується об'ємний к.к.д. гідравлічних систем.

Забруднення та інші сторонні частинки, що потрапляють до гідравлічної системи, викликають знос робочих поверхонь всіх деталей. Сторонні дрібні частинки проникають до гідравлічної системи крізь зношені ущільнення, під час проведення технічного обслуговування забрудненим інструментом або розбирання агрегатів в польових умовах чи у запиленних робочих приміщеннях. Тому під час проведення технічного обслуговування або ремонтних робіт перед відкриттям бака слід очищати від забруднень накривку горловини бака, воронки і всі поверхні біля горловини, а також заглушувати та герметизувати всі від'єднані трубопроводи, фітинги і отвори.

Дрібні частинки, що викликають абразивний знос, звичайно невидимі неозброєним оком тому, що вони мають діаметр не більше 40 мкм. Масло, в якому присутні такі частинки, може виглядати чистим і одночасно містити достатню кількість абразивних частинок, які призводять до відмови насоса.

У процесі експлуатації агрегатів гідросистем можуть виникати як поступові, так і раптові відмови. Поступова відмова виникає у процесі експлуатації, коли об'ємний к.к.д. насоса знижується до рівня нижче встановленої технічної норми на 20%. Така відмова виникає через поступовий знос робочих поверхонь агрегатів гідросистем, зокрема кромek ущільнюючих манжет, що призводить до течі масла через манжету вихідного вала шестеренного насоса. Проявами поступової відмови агрегатів гідросистем є зниження продуктивності та керованості робочих механізмів навісної системи машини.

Раптова відмова виникає у разі інтенсивного зносу або пошкодження та руйнування робочих поверхонь деталей агрегатів гідросистем. Раптова відмова виникає, як правило, внаслідок: порушення регулювань запобіжної системи; заклинювання золотників гідророзподільника; потрапляння в порожнини гідроагрегатів сторонніх частинок бруду; невідповідності напрямку обертання вала насоса і приводу; низької в'язкості робочої рідини; порушень кріплення приєднувальної арматури тощо.

Зовнішні прояви раптової відмови виражаються у виникненні аварійної відмови навісної системи машини, руйнуванні корпусних деталей насоса, заклинюванні насоса тощо.

Знос та руйнування деталей агрегатів гідравлічних систем відбувається також внаслідок аераційних та кавітаційних гідравлічних процесів. Аерація – це процес, пов'язаний із потраплянням у гідравлічну систему повітря та утворенням в робочій рідині повітряних пухирців. Аерація є результатом змішування повітря з мастилом. Повітря проникає в гідравлічні системи крізь нещільні з'єднання трубопроводів, або як результат процесу турбулентності масла в баку, ви-

кликаною перетіканням масла у протилежному робочому напрямку, витіканням масла з бака та пошкодження труб всередині бака.

Кавітація – це процес розриву (вибуху) повітряних пухирців, що утворилися в робочій рідині. Кавітація звичайно виникає як результат обмеження потоку робочої рідини у всмоктувальній магістралі шестеренного насоса або за підвищеної температури робочої рідини. Розрив повітряних пухирців в робочій рідині гідравлічних систем у решті-решт призводить до пошкодження деталей агрегатів гідравлічних систем і, в першу чергу, до зносу базових деталей шестеренних насосів.

Процеси аерації і кавітації призводять до інтенсивного зношування, ерозії і утворення ямок на робочих поверхнях деталей агрегатів гідравлічних систем. Зовнішніми ознаками наслідків негативного впливу аерації та кавітації на технічний стан агрегатів гідравлічних систем є підвищений шум під час роботи шестеренного насоса та часткова або повна втрата керованості навісними та причіпними органами машин.

Несправності гідросистем і їх агрегатів виявляють діагностуванням, оскільки необґрунтоване розбирання порушує герметичність з'єднань, взаємне розміщення і припрацювання спряжень, що в решті решт зменшує довговічність гідроагрегатів. Враховуючи складність і високу точність виготовлення деталей, вузлів і агрегатів гідравлічних систем, а також підвищені вимоги до герметичності, їх ремонтують на спеціалізованих ремонтних підприємствах.

Ремонт шестеренних насосів типу НШ-У. Технічний стан насосів перед ремонтом визначають випробуванням на стендах типу КИ-4200, КИ-4815М. Якщо під час випробування коефіцієнт подачі насоса менше 0,65, то його ремонтують. Коефіцієнт подачі насоса розраховують за формулою:

$$K_{\Pi} = \frac{Q_{\Pi}}{Q_T}, \quad (6.8)$$

де Q_{Π} — подача насоса за номінальних тиску і частоти обертання, л/хв;

Q_T — теоретична (розрахункова) подача насоса за номінальної частоти обертання, л/хв.

Значення Q_T знаходять із залежності:

$$Q_T = 0.001 \cdot q_T \cdot n_{\text{ном}}, \quad (6.9)$$

де q_T — робочий об'єм насоса, см³;

$n_{\text{ном}}$ — номінальна частота обертання ведучого вала насоса, хв⁻¹.

У шестеренних насосах типу НШ-У зношуються стінки колодязів корпусу з боку камери всмоктування у спряженні із втулками і шестернями, опорна поверхня під втулками і поверхня під ущільнювальною манжетою. Крім того, спостерігаються тріщини, раковини на поверхні, а також зноси або зрив різьби під болти кріплення накривок і приєднувальних муфт до корпусу.

Втулки зношуються на поверхні торця, який працює у спряженні із шестірнею. Зношується також внутрішня циліндрична поверхня, мала циліндрична поверхня хвостовика втулки, велика циліндрична поверхня і мала торцева поверхня у спряженні з корпусом і ущільнювальною манжетою.

У шестерень зношуються цапфи, торцеві поверхні, головки та профіль зубів по колу. Характерними дефектами накривки насоса є знос торцевої поверхні з боку корпусу насоса, забоїни і задирки, зривання буртика у гнізді сальника, а також тріщини.

Корпуси насосів відновлюють нанесенням клейового складу на основі епоксидної смоли, встановленням перехідних вставок або обтисканням (способом пластичної деформації). За даними наукових дослідів, кращий спосіб відновлення корпусу — обтискання. Так, за тиску 14 МПа корпус насоса розширюється у поясі верхніх втулок і по дну: новий — на 115 і 20, обтиснутий на 55 і 30 мкм.

Нагрітій до 470–490 °С корпус обтискають у спеціальній пресформі на гідравлічному 100-тонному пресі протягом 10–12 с вздовж зовнішнього контуру (рис. 6.39а). Після обтискання корпус ставлять у піч і витримують 20 хв за температури 520–535 °С, а потім гартують у воді, нагрітій до температури 50–75 °С. Загартований корпус відпускають протягом 4 год за температури 170–180 °С. Твердість корпусу після термообробки має становити НВ 76–120. Колодязі корпусів після обтискання і термічної обробки розточують під номінальний розмір.

Втулки відновлюють осаджуванням, обтисканням і роздаванням з наступною механічною обробкою. Втулки із спрацьованими отворами, стиковими і торцевими поверхнями обтискають (рис. 6.39б).

Втулку 4 з опорною шайбою 5 та інструментом для обробки отворів 6 установлюють у матрицю 3 і обтискають пуансоном 1 із вкладишем 2 під пресом. Під час обтискання циліндрична частина інструмента 6 знаходиться в отворі втулки. Потім, утримуючи втулку у матриці і видаляючи інструмент 6 виштовхувачем 7, обробляють отвір. У обтиснутої втулки за допомогою спеціальної оправки та інших пристроїв обробляють зовнішню, торцеві і стикову поверхні.

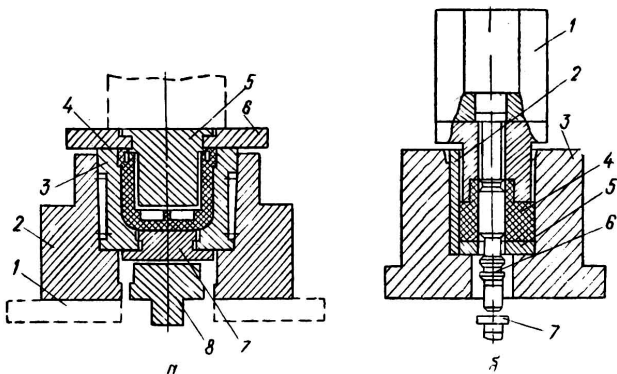


Рис.6.39. Відновлення деталей насоса типу НШ-У обтисканням:
 а — корпус; 1 — станина преса; 2 — пресформа; 3 — блок матриць;
 4 — корпус насоса; 5 — пуансон; 6 — плита; 7 — кільце, 8 — виштовхувач;
 б — втулка; 1 — пуансон; 2 — вкладиш; 3 — матриця; 4 — втулка;
 5 — шайба; 6 — інструмент; 7 — виштовхувач

Зношені зовнішні поверхні втулок можна відновлювати сумішшю на основі епоксидної смоли або гальванічним мідненням цієї поверхні з подальшою механічною обробкою.

Шестерні відновлюють шліфуванням за незначних зносів у межах товщини термообробленого шару (зношені поверхні цапф, торців, зовнішню поверхню головок зубів шестерень). Цапфи шестерень відновлюють також гальванічним нарощуванням металу (хромуванням або остальюванням).

Короблення накривки, задирки і забоїни на привалковій площині усувають шліфуванням. Знос торцевої поверхні, яка прилягає до корпусу насоса, відновлюють проточуванням на токарно-гвинторізному верстаті різцем з пластиною твердого сплаву ВКЗ. Якщо корпус насоса відновлюють обтисканням, то після цього отвори у накривці розсвердлюють під болти із зовнішньою гранню.

У разі зривання буртика у гнізді сальника, який утримує стопорне кільце, накривку відновлюють встановленням сталеного кільця.

Ремонт клапанно-розподільних пристроїв. У розподільних пристроїв, як правило, зношуються отвори у корпусі (під золотники), золотники, клапани, важелі і накривки.

Отвори у корпусі і золотники гідророзподільників під час виготовлення розподіляють на розмірні групи, що дозволяє у випадку незначних зносів і великого ремонтного фонду відновлювати зазор у парі корпус-золотник за рахунок перекомплектування з подальшим припасуванням. У випадку значних зносів геометричну

форму отворів під золотники відновлюють розвірчуванням і при-тиранням, а також алмазним хонінгуванням на вертикально-хонінгувальному верстаті.

Пояски золотників із невеликими зносами відновлюють доведенням, шліфуванням до виведення спрацювання, а із значними зносами золотників і отворів корпусу – наросчуванням поясків гальванічним способом (хромуванням або осталюванням) з подальшим шліфуванням. Після відновлення корпусу гідророзподільників золотники сортують на розмірні групи.

Знос конусної ущільнювальної поверхні перепускного клапана усувають обробкою різцем на токарному верстаті. Конічну частину клапана шліфують на спеціальному верстаті або шліфувальним кругом (заправленим під кут 45° , за частоти обертання 20 с^{-1}) круглошліфувального верстата до виведення зносу.

Поршень і хвостовик клапана із значним зносом хромують або осталюють з наступним шліфуванням. Зношене гніздо перепускного клапана шліфують на плоскошліфувальному верстаті до утворення гострої кромки. Аналогічно відновлюють гніздо запобіжного клапана.

Сферичну поверхню важелів керування у випадку зношування хромового покриття хромують з подальшим поліруванням.

Тріщини у верхній і нижній накривках ремонтують газовим зварюванням або заробленням сумішшю на основі епоксидної смоли. Відновлені накривки випробують під тиском 1 МПа . Підтікання і потіння після відновлення не допускаються.

Пружини гідророзподільників, які втратили пружність і зносились, замінюють новими.

Технологія відновлення деталей розподільника гідророзподільника зчіпної ваги подібна технології відновлення деталей гідророзподільників, оскільки технічні умови на виготовлення, ремонт і їх експлуатацію схожі.

Ремонт розподільників гідропідсилювачів рульового керування передбачає відновлення золотникових пар способами, описаними раніше, а також заміну зношених деталей і гумових ущільнень.

Ремонт гідроциліндрів, гідроаккумуляторів і гідроамортизаторів. Під час експлуатації гідроциліндрів частіше за все виникають такі дефекти: знос внутрішньої поверхні корпусу; отвору під шток в передній накривці, знос отвору і злам вушка у задній накривці, знос внутрішньої поверхні і отворів під палець штока, прогин штока, знос поршня.

Зношену внутрішню поверхню корпусу відновлюють розточуванням на вертикально-розточувальному верстаті з наступним хонінгуванням під ремонтний розмір поршня, який можна відновити

осталюванням. Зношений отвір під шток в передній накривці розточують і запресовують бронзову або чавунну втулку. Потім втулку остаточно обробляють розвертками під розмір штока. Зазор в цьому спряженні має становити 0,02–0,10 мм. Зношені отвори вушка в задній накривці обробляють зеркером, а потім розвертками. Зламані вушка задніх накривок відновлюють зварюванням.

Зношену внутрішню поверхню штока відновлюють шліфуванням на безцентрово-шліфувальному верстаті хромуванням і шліфуванням. Зношені отвори вилок штока обробляють зеркером, а потім після цієї обробки в отвори вилок штока запресовують виготовлені втулки відповідних розмірів, приварюють, а потім остаточно обробляють розвертками до нормального розміру. Пальці виготовляють нові.

Зігнуті штоки виправляють під пресом у холодному стані. Допустимий прогин штока – не більше 0,15 мм.

Ущільнення замінюють новими, якщо вони зносилися або втратили пружність.

Способи відновлення деталей гідроциліндрів придатні і для відновлення подібних деталей гідроаккумуляторів і гідроамортизаторів.

Ремонт шлангів високого тиску. У шлангах з металевими оплетеннями порушується герметичність з'єднання біля кінців шлангів або виникає їх розрив.

Для ремонту найчастіше використовують деталі безрозбірної муфти. Пошкоджену частину шлангів разом з безрозбірною муфтою обрізають дисковою пилюкою або шліфувальним кругом. Відрізану безрозбірну муфту розрізають фрезою на дві половинки. Ніпель із гайкою вставляють всередину справного кінця шланга і затискають його двома половинками розрізаної муфти за допомогою хомутиків.

У випадку пошкодження середини шланга або кількох місць пошкоджену частину вирізають і вставляють відрізок справного шланга потрібної довжини. Кінці шлангів з'єднують перехідним ніпелем.

Існує також спосіб розбірного зароблення шлангів, який полягає в тому, що пошкоджений кінець шланга обрізають і на довжині 40–50 мм від краю знімають верхній шар гуми аж до самого металевих оплетення. Потім на шланг з невеликим натягом надівають відрізок сталевих трубки, а в середину шланга вставляють ніпель з накидною гайкою. Кінець шланга вставляють у спеціальний пристрій для обтискання муфт (наконечників шлангів) під пресом, де відрізок трубки рівномірно обтискається розрізними сухариками (вкладишами), утворюючи нероз'ємне з'єднання. Таким же способом ремонтують пошкодження на середині шланга. В такому ви-

падку виготовляють подовжений з'єднувальний ніпель. Стальну трубку, що надівають на шланг зверху, обтискають по обидва боки пошкодження. Пошкоджені кінці шлангів ремонтують також з використанням розбірних наконечників.

На кафедрі ремонту машин ХНТУСГ імені Петра Василенка свого часу було розроблено спосіб та оснащення для з'єднання шланга з ніпелем притисканням шланга до ніпеля дротом.

Намотування дроту здійснюється на токарно-гвинторізному верстаті. Ніпель, з якого видалено муфту і частину шланга, закріплюється на спеціальній оправці, яка має різбову частину з різьбою, що відповідає гайці ніпеля та імітує штуцер гідроагрегату. Направлення дроту та утворення натяжного зусилля для намотування здійснюється за допомогою спеціального пристрою (рис. 6.40).

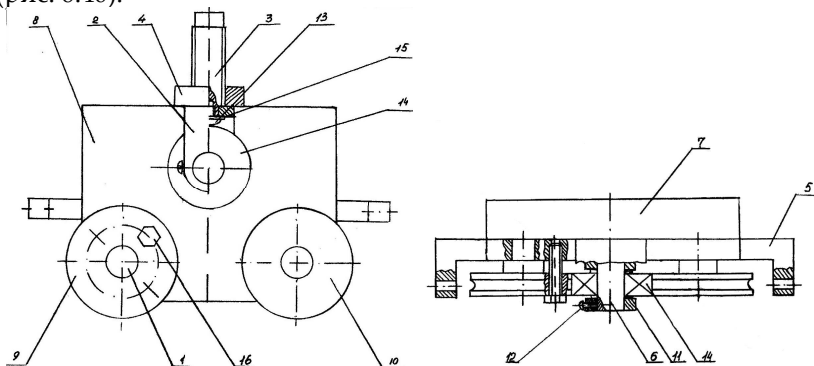


Рис. 6.40. Пристрій для намотування дроту:

- 1 – вісь ролика; 2 – вилка; 3 – гвинт; 4 – кронштейн; 5 – напрямна;
6 – вісь вальниці; 7 – планка; 8 – плита; 9 – ролик спеціальний; 10 – ролик;
11 – шайба; 12 – гвинт; 13 – фіксатор; 14 – вальниця; 15 – шайба;
16 – болт

Дуже простий з огляду на його конструкцію, цей пристрій може бути виготовлений навіть в умовах ремонтної майстерні господарства.

Процес фіксації шланга на ніпелі виконується в такій послідовності. У патроні токарно-гвинторізного верстата закріплюють різбову оправку, на яку встановлюють ніпель з шлангом. У радіальний отвір різбової оправки пропускають кінець дроту. Дріт затискається між роликами і вальницею пристрою, при цьому відстань між напрямною 5 (рис. 6.40) і шлангом повинна має бути в межах 5–10 мм, а дріт – торкатися шланга. Перший виток дроту виконують на відстані 5–7 мм від краю шланга і фіксують перехрес-

ним накладанням дроту у зворотному напрямку. Намотування дроту виконують за спіраллю (рис. 6.41).

Надійність фіксації шланга на ніпелі залежить від зусилля натягу дроту. Переміщення вальниці 14 пристрою (рис. 6.40) на один крок різьби відповідає змінненню зусилля натягу дроту на 8–10 кг. Збільшення зусилля натягу дроту до 100 кг і більше досягають збільшенням тертя дроту канавками роликів 9 і 10, фіксуючи ролик 9 від обертання болтом 16.

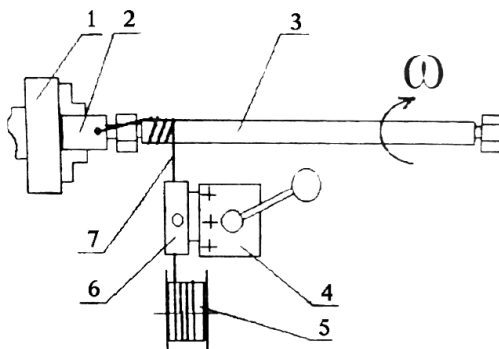


Рис. 6.41 Схема установки для з'єднання шланга з ніпелем дротом:

- 1 – патрон токарно-гвинторізного верстата; 2 – оправка;
- 3 – ремонтований шланг; 4 – різцеутримувач; 5 – котушка з дротом;
- 6 – пристрій для натягу дроту; 7 – дріт

Дріт намотують по поверхні шлангу на довжину ніпеля, а останній виток виконують з кроком, який дорівнює діаметру дроту. З метою забезпечення вимог безпеки праці і запобігання можливому розмотуванню дроту, останній його виток фіксується з'єднанням із попереднім витком електрозварюванням (рис.6.42).

Надійна фіксація шланга на ніпелі досягається за використання дроту з низьковуглецевої сталі (дріт типу «в'язальний»), з межею текучості матеріалу дроту 195МПа, діаметром 3–5 мм, із кроком намотування 3–8 мм та зусиллям натягання дроту 30–80 кг.

Складання, обкатування і випробування агрегатів гідро-систем. Шестерні і втулки насосів типу НШ-У комплектують за розмірними групами так, щоб висота кожної пари шестерень не відрізнялася більш як на 0,005 мм. Корпус повинен мати ремонтний розмір, відповідний ремонтному розміру втулок. Установлені у корпус втулки не мають виступати над його верхньою площиною більше 0,15 або заглиблюватися більше ніж на 0,1 мм.

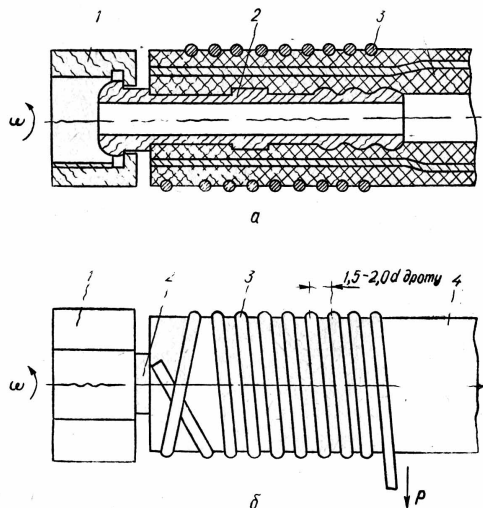


Рис. 6.42. Схема з'єднання шланга гідросистем з ніпелем дротом:
 а — схема з'єднання; б — схема розміщення витків дроту на шлангу;
 1 — ніпель; 2 — гайка; 3 — дріт; 4 — шланг

Обкатують насоси на стендах типу КИ-4815М або КИ-4200 за режимами, передбаченими технічними вимогами на обкатування насоса цієї марки. Після обкатування насос випробують на цих самих стендах, та, відповідно до технічних вимог, визначають об'ємну подачу насоса за номінального тиску.

Перед складанням золотники гідророзподільників комплектують із корпусом, для чого їх підбирають за розмірною групою. Якщо зазор нормальний — золотник, змащений маслом, під дією власної ваги плавно переміщується в отворі корпусу. Перепускний клапан має вільно переміщуватися у корпусі, без заїдань і з поворотом на 180° .

Випробовують і регулюють гідророзподільники разом з насосом відповідної продуктивності на стендах типу КИ-4815М або КИ-4200. Схеми під'єднання гідророзподільника Р75 до стенда КИ-4815М зображено на рис. 6.43.

Під час випробування перевіряють функціонування пристрою автоматичного повертання золотника в нейтральне положення, тиск перепуску через перепускний та запобіжний клапани, герметичність корпусних деталей і підтікання робочої рідини між корпусом та золотником.

Вимоги до складання гідроциліндрів: робоча поверхня штока має бути хромована, відшарування чи лущення хромового покриття

не допускається; гайки стяжних шпильок (або болтів) мають бути рівномірно затягнуті до краю; конічні пробки — щільно закручені і забезпечувати повну герметичність; поршень — переміщуватися у циліндрі за всією довжиною ходу плавно, без заїдань.

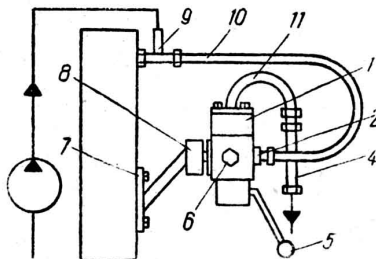


Рис. 6.43. Схеми під'єднання розподільника Р75 під час випробування і регулювання на стенді КИ-4815М:

- 1 — випробуваний розподільник; 2 — штуцер М24×1,5 на М27×1,5;
- 3 — вкрутний штуцер; 4 — рукав зливу; 5 — важіль розподільника;
- 6 — заглушка М27×1,5; 7 — болт М16×30; 8 — пристрій для встановлення розподільника Р75; 9 — трійник; 10 — рукав високого тиску;
- 11 — патрубок для Р75

Випробують гідроциліндри на стендах типу КИ-4815М або КИ-4200, на яких мають стояти справні насос і гідророзподільник тих марок, з якими гідроциліндр працює на машині. Закріплюють шток циліндра пальцем, створюють тиск 12,5МПа і визначають витікання масла в циліндрі. Після ремонту воно не має перевищувати 0,5 см³ за 3 хв. Максимальний тиск масла, необхідний для переміщення поршня без навантаження циліндра, не має перевищувати 0,5 МПа. Висування штока основного циліндра має відбуватися не більш як за 2,5 с, повернення у початкове положення до автоматичної зупинки — 1-2,5 с.

Герметичність циліндра перевіряють під тиском масла 15МПа, затримуючи, рукоятку гідророзподільника у кожному робочому положенні протягом 30 с. Просочування масла не допускається.

Шланги високого тиску випробують на герметичність за тиску 20МПа протягом 5 хв.

6.5. Ремонт начіпного механізму

Начіпний механізм призначений для з'єднання з трактором начіпних і напівначіпних сільськогосподарських машин і знарядь.

Він являє собою важільно-шарнірний чотириланковий механізм, до трьох точок якого кріплять потрібне обладнання.

У процесі роботи тракторів на начіпні механізми діють постійно змінювані за величиною і напрямком сили реакцій опору ґрунту на сільськогосподарське знаряддя, а також навантаження за коливань та розхитування піднятої начіпної машини і під час транспортування причепів з вантажем.

З'єднання деталей підйнятно-начіпного пристрою працюють в умовах сухого тертя за сильної забрудненості абразивом, залишками мінеральних і органічних добрив, які викликають корозію робочих поверхонь спряжених деталей. Водночас зношуються складанні одиниці і деталі гідросистеми задньої навіски, порушується щільність з'єднань гідравлічних трубопроводів, погіршуються експлуатаційні показники гідросистеми (росте транспортна усадка силових циліндрів, збільшується втрата масла, порушується надійність роботи механізмів керування).

Несправності начіпного механізму визначають візуально за спотворенням геометрії ланок важільно-шарнірного механізму, згинами, тріщинами, обломами вушок або розривом деталей, зносом кульових з'єднань, пошкодженням нарізі, а також стуками під час переведення начіпного механізму із робочого положення у транспортне.

Через схожість конструкції механізмів начіпки тракторів характер і частота пошкоджень у них також мають багато спільного.

У трактора Т-150 поточний ремонт начіпки виконують під час скручування шліців вала важеля, нижньої осі, зносі сферичних шарнірів.

Для заміни або ремонту нижніх тяг від'єднують вилку розкосів, від'єднавши пальці важелів із сферичних шарнірів нижніх тяг. Якщо головка зношена або деформована, її від'єднують від нижньої тяги.

Якщо несправні сферичні шарніри верхніх або нижніх тяг, є тріщини та сколи і потрібна заміна цих деталей, то для їх розбирання використовують спеціальний пристрій до гідропреса, який являє собою циліндричну підставку із сферичними заглибленнями вздовж її верхньому торця.

Після розбирання візуально або вимірюванням оцінюють технічний стан знятих деталей і спряжених з ними. Зношені деталі відновлюють або замінюють.

Під час монтажу начіпного механізму шарніри верхніх і нижніх тяг складають за допомогою пристрою, який складається з підставки із сферичними заглибленнями під головки заклепок і наставки під шток гідропреса. При цьому осі їх отворів і пазів мають лежати в одній площині. Незбігання допускається до 0,2 мм (трактори Т-150,

T-150K). Шарніри верхньої і нижньої тяг мають вільно повертатися у будь-якій площині від зусилля не більше 0,2 кН на плечі 500 мм.

Регулювальні нарізних з'єднання розкосів, тяг, і розтяжок складають так, щоб забезпечити легке і вільне переміщення деталей за допомогою рукоятки воротка. У шарніри тяг під час складання закладають консистентне мастило.

Механізм начіпки випробують разом з гідроначіпною системою у складі на стенді. Під час піднімання і опускання вантажу 15кН тривалість піднімання має становити не більше 3,5 с, а опускання – 1,5–3,5 с. При цьому прилад-координатор має показувати відхилення поздовжньої осі 1,5–2°, що відповідає 18–23 мм сумарного зазора у всіх спряженнях (T-150, T-150K).

6.6. Ремонт кузовів і кабін

Деталі кузовів і кабін у процесі експлуатації зношуються, з'являються тріщини, пробоїни, прогини і перекоси, порушуються системи водозабезпечення, герметичності тощо (рис. 6.44).

Під час капітального ремонту після мийно-очисних операцій кабінні демонтують, застосовуючи спеціальні пристрої (захвати, електротельфери, кран-балки, ручні і механізовані талі тощо).

Для прискорення відкручування іржавих болтів, гайок і шурупів, видалення заклепок, роз'єднання панелей, зварених точковим зварюванням, їх попередньо нагрівають газовим полум'ям, просвердлюють місця точкового зварювання або розділяють зварені листи гострим тонким зубилом.

Кабіни розбирають на поворотному стенді типу ОПР-2377 або підставці. Під час знімання старої фарби використовують способи, наведені у п. 2.5.

У випадку ремонту кабін і облицювань тракторів та автомобілів значна роль належить жерстяницьким роботам з правлення вмятин, вирізання пошкоджених місць, виготовлення і припасування латок простих і складних конфігурацій під зварювання, виготовлення окремих деталей тощо. Найпоширеніші такі способи зварювання, як газове, електродугове у середовищі CO₂, електроконтактне.

Поверхні із вмятинами, тріщинами, розривами або пробоїнами правлять і зварюють місце розриву металу, а потім зачищають зварні шви і виконують решту ремонтних операцій.

Під час зварювання деталей із тонколистової сталі можливі пропалювання і короблення. Для зниження вірогідності з'явлення цих дефектів рекомендується застосовувати спочатку прихватку зварного з'єднання у кількох точках, а потім проварювання послі-

довгими ділянками. У випадку короблення застосовують механічне правлення з обов'язковим нагріванням деформованої ділянки.

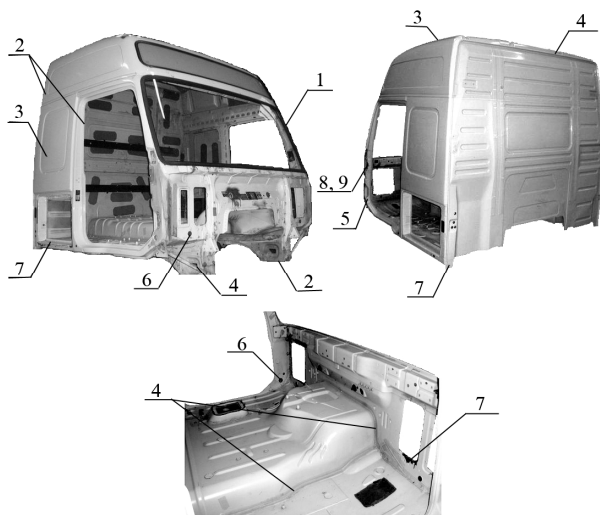


Рис. 6.44. Розміщення пошкоджень кабін:

- 1 – деформація стояків вітрового скла; 2, – тріщини; 3 – вм'ятини;
 4 – руйнування зварних швів; 5 – пошкодження каркаса; 6 – знос отворів;
 7 – відриви; 8 – ослаблення кріплення дверних петель; 9 – знос отворів
 під вісь у петлях навісу дверей

Вм'ятини за товщини металу понад 2 мм правлять із застосуванням газополуменового нагрівання. Деталі завтовшки 2–3 мм нагрівають у зоні правки до 650–700°, а завтовшки 4–5 мм – до 850–900 °С. Дюралюмінієві деталі правлять із нагріванням до 350–470 °С.

Ширина зони нагрівання не має перевищувати п'ятикратну товщину листа, який правлять. Довжина зони нагрівання визначається величиною вм'ятини. Нагрівання виконують з опуклого боку вм'ятини, а смуги нагрівання розміщують по схилу опуклості на відстані 80–100 мм від межі.

Під час ручного рихтування використовують рихтувальний молоток і підтримку, які підбирають за кривизною ремонтуваних панелей.

Механізоване рихтування виконують пневматичним молотком, попередньо змастивши маслом поверхню деталі.

Рихтування вважають закінченим, якщо шорсткість не відчувається долонею руки.

6.7. Ремонт пневматичних шин

Характерні дефекти покришок, безкамерних шин і камер. До експлуатаційних дефектів покришок належать передчасний однобічний нерівномірний і плямистий знос протектора; зривання гуми вздовж протектора і боковини; розшарування або злом каркаса за порушення чинних правил експлуатації шин; механічні пошкодження, пробої, порізи протектора, боковини, каркаса.

Розрив ниток корду, відшарування протектора і боковин від каркаса відбувається у випадку надто великої деформації шин внаслідок перевантаження або зниження тиску повітря у камерах.

Визначення величини, ступеня і нерівномірності зносу шин. Абсолютну величину зносу шин характеризують різницею між висотою виступів рисунка протектора у новій і зношеній до моменту виміру шини. Ступінь зносу виражають у відсотках.

Нерівномірність зносу шин тракторів і комбайнів визначають відповідно для ведучих і напрямних коліс як різницю величин зносу шин лівої і правої за ходом шин.

Характер пошкоджень і види ремонту шин. Залежно від характеру пошкоджень автотракторні пневматичні шини під час ремонту поділяють на чотири основні групи.

До першої групи пошкоджень і дефектів належать дрібні порізи, подрапиши, поверхневі і наскрізні проколи невеликих розмірів, вириви протекторної гуми і гуми боковини, місцеві відшарування і тріщини покривних гум. Ці несправності усувають у послідовності проведення профілактичного ремонту, оскільки за подальшої експлуатації шин через порізи і проколи у каркас покриття потраплятимуть бруд, пил, нафтопродукти, волога, які руйнуватимуть його.

До другої групи належать механічні пошкодження і дефекти старіння, а також наскрізні пошкодження певних розмірів, форми і місцезнаходження. Такі пошкодження усувають під час поточного ремонту.

До третьої групи належить гранично-допустимий або повний знос рисунку протектора з місцевими пошкодженнями, які усувають під час відновлення покришок.

До четвертої групи входять шини з пошкодженнями і дефектами, які не можуть бути усунені у процесі ремонту. Ці шини не відновлюють, а вибраковують.

Залежно від характеру і виду пошкоджень та дефектів ремонт шин поділяють на експлуатаційний (шляховий), профілактичний, місцевий і відновлювальний.

Покриття, придатні для ремонту, очищують від бруду, промивають у воді, нагрітій до температури 50–70°C, вилучають предмети,

що застрягли, і сушать у сушильній камері не менше 48 год за температури 60–75°C і відносної вологості повітря не більше 60%.

Вирізання пошкоджень. Існує кілька способів вирізання пошкоджень, які залежать від типу ремонттованих шин, характеру пошкоджень, величини зносу, розміру і розміщення пошкоджень.

Розрізняють три групи способів вирізання пошкоджень покриття (рис. 6.45): способи, які застосовують для обробки ненаскрізних зовнішніх і внутрішніх пошкоджень, а також наскрізних пошкоджень покриття.

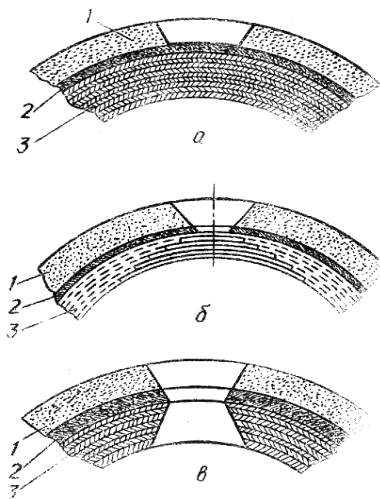


Рис. 6.45. Способи вирізання пошкодженої частини покриття під час ремонту:

а – зовнішнього конуса у випадку ненаскрізного пошкодження покриття;
б – наскрізного пошкодження під час розробки каркаса у рамку;
в – зустрічними конусами у випадку наскрізного пошкодження покриття;
 1 – протектор; 2 – подушковий шар; 3 – каркас

До першої групи способів вирізання належить вирізання рашпильною або дрітвяною шарошкою без попереднього вирізання ножом та іншими інструментами і вирізання зовнішнім конусом.

До другої групи способів вирізання належить видалення ниток, які залишилися або зруйнувалися, ножом і вирізання пошкоджених ділянок внутрішнім конусом і в рамку.

До третьої групи способів вирізання поряд з вирізанням зовнішнім і внутрішнім конусом належать способи вирізання свердлами, циліндричними ножами, зустрічним конусом, видозміненим зовнішнім конусом і комбінований.

Шорсткування вирізаних ділянок і покриттів виконують для збільшення площі зчеплення покриття з ремонтними матеріалами і створення між ними плавних переходів.

Розрізняють зовнішнє (місцеве і кругове) і внутрішнє (місцеве) шорсткування покриттів. Його виконують на спеціальних верстаках або вручну, використовуючи шорсткувальний інструмент з механічним приводом або комплект ручного шорсткувального інструмента (дисковий рашпіль, терку, щітку із жорсткого сталюого

дроту, кордоленту, абразивні крути, голчасті і пластинчасті шарошки).

Перед проведенням підготовчих операцій для накладання нового протектора усувають місцеві пошкодження покриття. Видаляють старий протектор до подушкового шару і обробляють, на шорсткувальному станку голчастими або пластинчастими циліндричними шарошками.

Шорсткована поверхня має бути рівною, бархатистою і чистою з плавними переходами і без грубих рисок. Шорсткувальний пила з покриття видаляють щіткою або пилососом.

Нанесення клею. Для міцного зчеплення ремонтних матеріалів з покриттям на їх поверхню наносять шар клею одним із способів: ручним (пензлем) і механізованим (пульверизатором).

Клей потрібної концентрації готують у металевих місткостях накривками, що щільно закриваються. Для цього клейову гуму, нарізану шматочками розміром не більше 30х30 мм, підігрівають до 30-35°C, кладуть у місткість і заливають бензином до повного занурення. Кожні дві години виконують перемішування, додаючи невеликими порціями бензин – розчинник до утворення однорідної маси клею протягом 24 годин.

Нанесений на покриття, прошарову і протекторну гуму шар клею сушать у сушильній камері за 30–50 °C протягом. 30–40 хв. Для збільшення товщини плівки і поліпшення якості з'єднання ремонтних матеріалів з покриттям наносять два шари клею.

Основними операціями ремонту пошкоджень і накладання протектора умовно вважають зароблювання пошкоджених ділянок покриття, прикатування протектора, вулканізацію і контроль готової продукції.

Зароблювання пошкоджень – одна із найвідповідальніших операцій місцевого і відновлюваного ремонту шин. Під час зароблювання пошкоджень попередньо змащені клеєм ділянки покриття заповнюють вулканізаційними гумовими сумішшю або вставками. У випадку, коли це вимагається, підсилюють гумокордними пластирами відповідних типорозмірів.

Спочатку заробляють проколи різних розмірів, потім внутрішні пошкодження (із вставкою і без вставки пластирів) і лише після цього зароблюють зовнішні пошкодження.

Проколи розміром до 10 мм зароблюють гумовими грибками типу Г з адгезивним покриттям, пошкодження покриття від 10 до 25 мм – гумовими грибками типу ГИ з адгезивним покриттям внутрішнього боку шпальки і ніжки.

Для зароблювання внутрішніх пошкоджень розміром від 25 мм і більше використовують борторозширювальні станки або

змінні болванки спеціалізованих верстатів для слюсарів-ремонтників.

Внутрішні пошкодження каркаса, які зачіпають менше 25% всіх його шарів, ремонтують без підсилення гумокордним пластиром. У випадку пошкодження каркаса на глибину понад 25% його шарів застосовують гумокордні хрестоподібні пластири (для шин типу D) і радіальні пластири (для шин типу P) накладаючи їх на шорстковані, змащені клеєм пошкодження з внутрішнього боку покришки.

Зароблювання зовнішніх пошкоджень покришок починають із наскрізних і великих ненаскрізних пошкоджень методом лиття гумової суміші під тиском. У випадку зароблювання зовнішніх пошкоджень покришок із застосуванням підсилених вставок пластир накладають до заповнення порожнини пошкодження гумовою сумішшю. Потім ремонтні матеріали вулканізують.

Вулканізація – це фізико-хімічний процес, внаслідок якого еластична маса накладених ремонтних матеріалів набуває міцності та еластичності за певних температури, часу і тиску опресування. Оптимальна температура вулканізації, протекторної і камерної гуми становить 143 °С, прошарової – 131 °С і клейової – 138 °С.

Для отримання потрібної якості товстостінні покришки з місцевими пошкодженнями вулканізують спочатку із внутрішнього боку на секторі, а потім на плиті із профільованою алюмінієвою прокладкою або у спеціальній формі (мульді), в яку надходить пара під тиском для обігрівання.

Мульди є універсальними (типу ШМУ) і спеціалізованими (типу ШМ). Для вулканізації зовнішніх пошкоджень покришок використовують настільні електровулканізаційні апарати різних моделей.

Тривалість вулканізації покришок залежить від товщини ділянки, що вулканізується. Орієнтовний час вулканізації при температурі 140 °С визначають за формулою:

$$T = 7h_{\text{хв}}, \quad (6.10)$$

де h – товщина ділянки, що вулканізується, мм.

Якість вулканізації визначають за твердістю гуми твердоміром. Вона має становити для протекторної гуми 58-62 одиниці за Шором.

Завершальна операція ремонту покришок – статичне балансування шин вантажних автомобілів і додаткова перевірка на динамічну зрівноваженість коліс легкових автомобілів.

Відновлення камер. Камери, просочені нафтопродуктами, з кілцевими порізами по всьому колу, з вікнами розриву, довжина

яких понад 150 мм, ширина понад 50 мм, а також камери із рівними ознаками старіння гуми не ремонтують.

Характерними несправностями камер є проколи, прориви і пошкодження вентиля.

Прошорстковану ділянку навколо пошкодження камери двічі промащують клеєм концентрації 1:10-1:12 і просушують після кожного промащування 15–20 хв у природних умовах під витяжкою. На ремонтвану ділянку в один або кілька шарів накладають промащені клеєм і просушені заготовки камерної гумової суміші завтовшки 2 мм, ретельно прикочуючи кожен шар. Накладена латка вздовж всього периметра пошкоджень має перекривати його межі на 25–30 мм. Товщина пластиру має не перевищувати товщину стінки ремонтваної камери на 1–1,5 мм. Вентиль вставляють у камеру так, щоб отвори у ньому і камері збігалися. Навколо вентиля щільно прикатують гумотканинну п'ятку, попередньо обкладаючи її краї стрічкою із прошаркової гумової суміші завтовшки 0,9 мм і завширшки 10–12 мм.

Вулканізують камеру на вулканізаційних плитах з електричним або паровим обігріванням, а якщо їх немає – в електровулканізаторах – за $143 \pm 2^\circ\text{C}$ тривалістю 10–20 хв.

Відремонтовані ділянки шліфують по краях за допомогою карборундового круга і перевіряють на герметичність під тиском повітря 3–5 Н/см².

6.8. Загальне складання, обкатування і випробування машин

Загальне складання тракторів і автомобілів здійснюється після складання і обкатування основних вузлів і агрегатів у певній послідовності: двигун, задній міст, коробка передач, гідроагрегати, рульове керування, гальма тощо. Його виконують на основі технологічної карти складання машини. Складання машини починають із встановлення частково складеного вузла (наприклад, рами) на підставки або рухомі візки. У подальшому на раму встановлюють і закріплюють всі агрегати і вузли. Високоякісне складання і встановлення машини можна забезпечити за умови наявності спеціального ремонтно-технологічного обладнання і оснащення.

Під час установлення кабін суміщати отвори під болти її кріплення ломом не допускається. Зміщення осей отворів облицювання і крил від їх нормального положення не повинно перевищувати 0,25–0,3 мм. Потрібно, щоб скло кабіни надійно утримувалося у пазах ущільнень, замки утримували двері у закритому положенні. Петлі дверей перед установленням змащують солідолом С.

Під час установлення муфти зчеплення регулюють зазор між відтискними важелями і відведенням (або упорною вальницею) відповідно до ТУ. Різниця зазору між окремими важелями не має перевищувати 0,3–0,4 мм.

Під час встановлення двигуна отвори опор під болти мають суміщуватися без зусиль і розвертань, болти кріплення – вільно проходити через отвори, двигун і коробка передач – бути відцентрованими. Монтаж коробки передач без установних штифтів не допускається.

Прокладку поверхні кріплення коробки передач до муфти зчеплення ставлять на клей «Герметик».

Під час установлення заднього і ведучого мостів подушки головної муфти ВВП і гальм мають знаходитися в одній площині (допустиме відхилення 5 мм), педалі гальм після натискання на них – вільно повертатися у початкове положення під дією пружин, наприклад, у тракторі Т-150К за встановлення заднього моста кут його нахилу вздовж осі ведучої шестірні має становити не більше 12°. У цьому випадку незбіг стрілки фланця корпусу головного передавача, встановленої на осі ведучої шестірні, зі стрілкою на осі шліцьового вала проміжної опори допускається не більше 2 мм; розбіжність стрілок у горизонтальній площині – не більше 2 мм.

Карданні вали встановлюють на трактор і автомобіль у послідовності, зворотній зніманню. Головки болтів розміщуються з боку хрестовини карданного вала.

Шліцьове з'єднання перед установленням покривають графітним мастилом УСА або солідолом.

Переміщення вилок шліцями має бути вільним, без заїдань. Вузли карданного вала встановлюють так, щоб маслянки їх хрестовин лежали в одній площині і спрямовувались в один бік.

Встановлена передня вісь у тракторах має повертатися на осі кочення вільно, без заїдань, у межах кута, обмеженого упорами. Схід коліс регулюють відповідно до ТУ.

Під час встановлення вузли ходової частини гусеничних тракторів мають вільно повертатися (наприклад, каретка, підвіски на цапфі рами). Осьовий зазор каретки має не перевищувати 2,5 мм. Напряме колесо має вільно повертатися на осі.

Після повного складання машини контролюють і регулюють гальма, робочі органи, зачеплення шестерень, натяг пасів, ланцюгів, перевіряють надійність кріплення вузлів і агрегатів. Потім виконують повне мащення трактора або автомобіля відповідно до карти мащення, наведеної в інструкції з технічного обслуговування машини, яка являє собою схему машини із зазначенням усіх точок

мащення і марки мастила для кожної точки. Після ремонту машину обкатують і випробовують.

На ремонтних підприємствах для обкатування машин використовують спеціальні стенди з додатковим обкатуванням під час руху своїм ходом і пробігом або тільки пробігом. Для обкатування колісних тракторів і автомобілів застосовують стенди барабанного типу. На стендах для обкатування гусеничних тракторів біговими доріжками є гусеничні візки (рис. 6.46).

Іноді стенди обладнують гальмовими пристроями, які дають змогу припрацьовувати і випробувати машини за навантажень, які заміряють динамометрами.

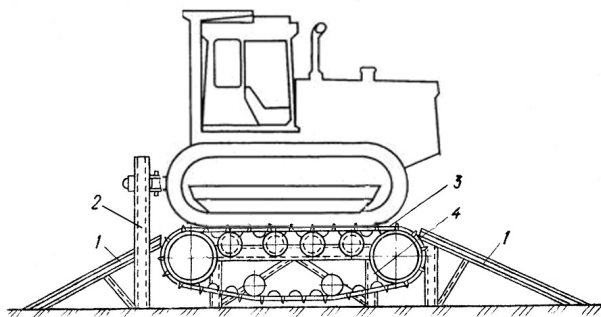


Рис. 6.46. Схема стенда для обкатування гусеничних тракторів після ремонту:

1 – трапи-естакади; 2 – стояк; 3 – пристрій приводу ходової частини трактора; 4 – естакада

Обкатують і випробовують трактори на стенді 1,5–2 год. При цьому машину обкатують 10–15 хв на холостих обертах двигуна по 15–20 хв на всіх передачах відповідно до технічних умов (на передачах заднього ходу 5–10 хв). На кожний трактор і автомобіль, які надходять на обкатування, оформляють лист.

Обкатування трактора на стенді без навантаження. Трактор обкатують із ввімкненим насосом гідросистеми заднього начіпного пристрою. Насос вмикають і вимикають тільки за непрацюючого двигуна.

У процесі стендового обкатування перевіряють: роботу двигуна на різній частоті обертання колінчастого вала, яка має бути сталою; тиск масла у прогрітого до 60 °С двигуна за номінальної частоти обертання колінчастого вала; роботу контрольних приладів стартера (до 15 с), коробки передач тощо.

Обкатування тракторів пробігом без навантаження. Перед обкатуванням трактора пробігом перевіряють: ввімкнення, вимкнення і ро-

боту муфти зчеплення, коробки передач, трансмісії, ВВП і гальм. Останні мають надійно утримувати трактор під час піднімання або опускання на сухому ґрунті зі схилом 16–20°. У випадку повного вмикання однієї із муфт повороту гальма гусеничний трактор має повертатися на місці на 360°. На ділянці сухої прикоткової дороги з ухилом 16° після розгальмовування зупинних гальм гальмування має забезпечуватися стоянковим гальмом трактора за фіксованого положення важеля керування гальмом. Перемикання передач на підйомі і спуску не допускається; у рульовому керуванні зусилля повороту не має перевищувати 30 Н під час руху на першій швидкості на дорозі з твердим покриттям; вільний хід рульового колеса має відповідати технічним вимогам; механізм начіпки гідросистеми підніматися і опускатися вільно, без заїдань і гальмування.

Без навантаження пробігом обкатують 45–60 хв.

Обкатування трактора як на стенді, так і на ходу припиняють у випадку: перегрівання двигуна та інших вузлів і механізмів; зниження тиску масла у системі двигуна і в гідросистемі коробки передач; витікання охолоджувальної рідини, палива в масла і повітря; ненормальних шумів і стуків в агрегатах; несправностей гальм і приводів керування; самовимкнення передач. Обкатування продовжують після усунення дефектів.

Обкатування тракторів пробігом під навантаженням. Обкатування під навантаженням виконують на легких транспортних роботах.

Випробування автомобілів пробігом виконують на відстані 40 км з вантажем (75 % нормальної вантажності) зі швидкістю не більше 40 км/год. Рульовий механізм перевіряють на горизонтальній ділянці сухої дороги. Під час плавного і повного гальмування важіль ручного гальма або педаль не мають доходити до упору. Ручне гальмо має надійно утримувати автомобіль необмежений час на сухій ділянці дороги зі схилом 18–20°.

Приймально-здавальні випробування проходить трактор (автомобіль) після капітального ремонту. У цьому випадку перевіряють зовнішній вигляд і комплектність машин; якість всіх регулювань; роботу електрообладнання і контрольно-вимірювальних приладів, стартера і двигуна; складові частини трансмісії гальма, маслопроводу і агрегати гідросистеми мають бути герметичними, підтікання масла не допускається.

Показники експлуатаційно-технічних характеристик капітально відремонтованого трактора мають відповідати показникам нового трактора, встановленим у конструкторській документації.

Після обкатування трактора (автомобіля) прослуховують двигун, силовий передавач і ходову систему, проводять перше технічне обслуговування; замінюють масло у двигуні, коробці передач, зад-

ньому і передньому мостах і колісних редукторах; промивають фільтри турбокомпресора і гідросистеми; регулюють зазори між клапанами і коромислами двигуна, головну муфту зчеплення, муфту зчеплення редуктора пускового двигуна, привід керування і гальма.

Після обкатування трактора (автомобіля) складають акт про правильність обкатування, виявлені і усунені несправності, роблять відповідну позначку у паспорті трактора (автомобіля).

РОЗДІЛ 7

РЕМОНТ КОМБАЙНІВ, СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН І ЗНАРЯДЬ

7.1. Особливості умов експлуатації комбайнів, сільськогосподарських машин і знарядь

Комбайни, сільськогосподарські машини та знаряддя, особливо їх робочі органи, працюють в умовах безпосереднього контакту з оброблюваним середовищем і за великої запиленості. Поверхні робочих органів машин зношуються від впливу різних фізичних і хімічних факторів. Інтенсивніше проходить електрохімічний знос. Це особливо характерно для машин із внесення добрив і пестицидів.

Деталі сільськогосподарських машин часто деформуються від великих навантажень, в робочі органи іноді потрапляють тверді предмети, що призводить до поломок. Ці фактори викликають великі зноси, що у свою чергу потребує широкого використання зварювання і наплавлення. Оскільки більшість сільськогосподарських машин громіздкі, їх ремонт переважно виконують у майстернях господарств, виняток становлять складні вузли і двигуни самохідних машин.

7.2. Ремонт зернозбиральних комбайнів

Відповідно до чинної нормативно-технічної документації капітальному ремонту підлягають зернозбиральні комбайни та їх складові частини, які відпрацювали доремонтний ресурс не менше 1500 мотогодин (1100 фіз. га) або міжремонтний ресурс не менше 1200 мотогодин (900 фіз. га) і досягли граничного стану. Складові частини комбайна, які не потребують капітального ремонту, діагностують, не знеособлюючи їх. Під час виконання ремонту складові частини і складанні одиниці, які ремонтують, знімають з комбайна лише у тому випадку, коли їх ремонт без цього неможливий або утруднений.

Ремонт різального апарата виконують за наявності таких основних дефектів: обрив, згин і скручування смуги; знос і поломка сегментів ножа, сфери, притискачів, протирізальних пластин, деформація або злом пальців.

У разі обриву спинки ножа на заклепках її зварюють електрозварюванням за допомогою кондуктора з подальшим зачищенням шва врівень з основним металом. Сегменти із зношеною різальною кромкою на довжині понад 5 мм замінюють новими. При цьому видаляють заклепки, правлять спинку ножа і приклепують нові сегменти. Посла-

блені заклепки кріплення сегментів осаджують. На підприємствах або ділянках при цьому використовують спеціальні стенди.

Спинку ножа вибраковуюють у разі повторного обриву і зношування за шириною більше допустимого розміру. Напрямну головку ножа у разі зносу паза за шириною ремонтують заміною прокладок. Притискачі із зношеною робочою кромкою за товщиною замінюють новими. Деформовані пальці різального апарата правлять у спеціальних пристроях.

Під час складання апарата робочі поверхні протирізальних пластин і пальців мають лежати в одній площині. Зазори між сегментами і притискачами мають не перевищувати 0,75 мм. Регулювання виконують рихтуванням притискачів. За крайніх положень ножа сегменти мають розміщуватися симетрично протирізальним пластинам пальців, ніж – вільно пересуватися в пальцевому брусі від зусилля руки.

Ремонт шнеків жниварок. У процесі експлуатації у шнека жниварки можуть виникнути такі дефекти: згин і обрив витків вздовж зварного шва, прогин труби, радіальне биття осі, згин пальців тощо. Однак найчастіше шнек виходить із ладу внаслідок зносу або пошкодження центральної труби у зоні розміщення пальчикового механізму, яке виникає через недостатню досконалість його конструкції і порушення правил експлуатації комбайнів, наприклад, неправильне регулювання запобіжної муфти шнека. У цьому випадку центральну трубу замінюють новою, попередньо виготовленою. При цьому спочатку демонтують пальчиковий механізм, відкручують стяжні болти щік підвісок труби пальчикового механізму, дістають трубу з втулками і знімають корпуси вальниць з осями. Далі на обертачі шнеку вирізають дефектну центральну трубу газополуменевим різакон, виконують операції з усунення дефектів крайніх труб шнека і гвинтової стрічки (рис. 7.1а). Після цього у попередньо виготовлену центральну трубу шнека запресовують крайні труби на спеціальному стенді (рис. 7.1б). Виконують електрозварювання стиків і приварюють кінці гвинтової стрічки.

Ремонт мотовила. Основними дефектами мотовила є тріщини зварних швів; деформація і руйнування променів, лопатей, розтяжок і граблин; знос і руйнування ексцентрикового механізму, піввальниць труб граблин, фрикційних накладок, зубів зірочок і маточин тертя запобіжної муфти.

Тріщини і розриви металевих деталей і зварних швів заварюють газовим або електричним зварюванням, попередньо відрихтувавши і виставивши спряжені деталі. Обламані граблини замінюють новими, деформовані пальці і труби граблин правлять. Зношені цапфи наплавляють. У випадку зносу зубів зірочок за товщиною

останню замінюють на нову. Маточину тертя у разі зносу за товщиною теж замінюють на нову. Фрикційні накладки, зношені до товщини менше 2 мм, або з тріщинами і викришуванням замінюють за типовою технологією.

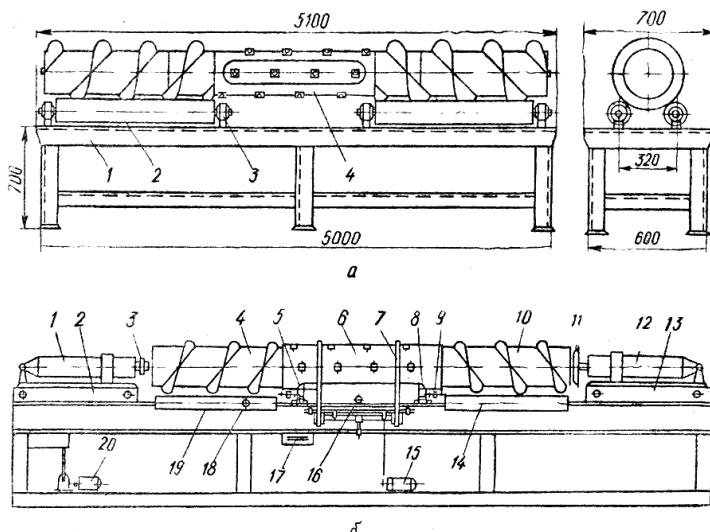


Рис. 7.1. Обладнання для відновлення шнеків жниварок зернозбиральних комбайнів:

- а – обертач шнека жниварки: 1 – рама; 2 – валець; 3 – вальниця;
 4 – шнек жниварки; б – схема стенда для запресування крайніх труб шнеків жниварок зернозбиральних комбайнів: 1, 12 – гідроциліндри;
 2, 13 – напрямні; 3 – пуансон; 4, 10 – крайні труби шнека; 5, 8 – фіксатори;
 6 – центральна труба шнека; 7 – пас, 9 – коток; 11 – диск; 14, 19 – вальці;
 15, 20 – електродвигуни; 16, 18 – місця кріплення фіксаторів;
 17 – пульт керування

Ремонт похилої камери. Основними дефектами похилої камери є потертості днища, тріщини боковин і зварних швів, перекося каркаса, обрив, деформація напрямних і блока полозів, знос валів і деталей запобіжної муфти, послаблення заклепок кріплення, поломка і згин гребінок транспортера і подовження ланцюга.

Потертості і тріщини днища, боковин і зварних швів відновлюють із застосуванням електродугового і газового зварювання. Деформовані напрямні і блоки полозів правлять, дефектні нижні накладки замінюють на нові. Ризки і задири поверхонь під накладки зчеплення ведучого диска і маточини тертя у комбайна «Дон» обточують до усунення слідів зносу. Зношені поверхні під вальниці,

зірочки, шків, ведучий диск, храповик, а також шпонкові пази наплавляють електродуговим зварюванням у середовищі вуглекислого газу, обточують, шпонкові пази фрезерують і шліфують до розмірів за робочим кресленням. Послаблені заклепки і розтягнуті ланцюги замінюють на нові. Ремонт транспортера похилої, камери виконують на спеціальних стендах, наприклад, для комбайнів «Дон» на стенді ОР-6689. Складену і відрегульовану похилу камеру обкатують протягом 5 хв за частоти обертання верхнього вала $500 \pm 10 \text{ хв}^{-1}$.

Ремонт молотильного барабана. Молотильний барабан може мати такі дефекти: знос рифів бил, згин вала, тріщини дисків, дисбаланс.

Била з рифами, зношеними до висоти менше 5 мм, вибраковують, замінюючи попарно діаметрально протилежні. При цьому маса нового била має не перевищувати масу знятого більш як на 10 г. Маса бил у парі має бути однаковою.

Тріщини у крайніх дисках заварюють із зовнішнього боку, а з внутрішнього ставлять підсилюючі диски завтовшки 4–6 мм, приварюючи їх за зовнішнім діаметром переривчастим швом до основного диска, а до маточини суцільним швом із внутрішнього боку барабана. Внутрішні диски з тріщинами вибраковують.

Під час заміни бил контролюють їх радіальне биття у трьох місцях за довжиною била. Воно має не перевищувати 1 мм. Для усунення биття під більш тонке било ставлять прокладки загальною товщиною не більше 1 мм. Зміщення кінців била за колом (на крайніх дисках) має не перевищувати 10 мм.

В осьовому напрямку відхилення бил відносно площини торців підбил має бути не більше 2 мм. Згин підбила допускається до 2 мм. Биття вала барабана понад 0,3 мм усувають правлінням. Після ремонту барабани балансують статично або динамічно.

Балансування барабана. За статичного та динамічного балансування дисбаланс усувають встановленням додаткових шайб та пластин під гайки кріплення била з більш легкого боку барабана. Шайби та пластини розміщують рівномірно за довжиною била або симетрично торцям барабана.

Барабан вважається статично відбалансованим, якщо під час обертання його на кілька обертів і самостійної зупинки (повторність не менше трьох разів) кожного разу одне і те саме положення займають різні била. При цьому вантаж масою 30–35 г, закріплений на билі, має виводити барабан з рівноваги.

Динамічне балансування проводять за допомогою приладу ДБ-2К, принцип дії якого полягає в перетворенні датчиком вібрації механічних коливань, викликаних дисбалансом молотильного ба-

рабана зернозбирального комбайна, у пропорційний їм електричний сигнал, який надходить у прилад ДБ-2К (рис. 7.2). Електронний блок містить підсилювач із змінним коефіцієнтом підсилення, схему порівняння, формувач імпульсів струму й джерело вторинного живлення. В електронному блоці сигнал від датчика вібрації підсилюється, фільтрується, випрямляється й надходить на стрілочний показовий прилад віброшвидкості. Підсилений сигнал датчика надходить також на схему порівняння, яка визначає момент проходження «легкого місця» на маховику молотильного барабана повз датчик вібрації і запускає формувач імпульсного струму, який надходить до стробоскопа. Стробоскоп підсвічує «легке місце» на маховику молотильного барабана під час кожного його проходження повз нижню точку маховика. У разі перевищення норми віброшвидкості під підсвічений стробоскопом бич прикручують, зрівноважувальну пластину у відведене для неї місце в площині вимірювань і повторюють вимірювання віброшвидкості.



Рис. 7.2. Розміщення приладу ДБ-2К та електродвигуна під час балансування

Закріпленим на комбайні електродвигуном надаються оберти молотильного барабана (750 хв^{-1}). Лівий датчик гайкою кріпиться до нижньої шпильки кріплення корпусу вальниці молотильного барабана з лівого боку комбайна. Правий датчик до нижньої шпильки кріплення корпусу вальниці МБ з правого боку комбайна.

Вимірювання віброшвидкості спочатку проводять з лівого боку молотильного барабана, а потім з правого. Отримані дані порівнюють з нормативними. Норма віброшвидкості для відбалансованого барабана має бути $1,0 \pm 0,5 \text{ мм/с}$. У разі перевищення норми зу-

пиняють електродвигун і під бич, який підсвітив стробоскоп в площині дисбалансу, підкладають балансувальну пластину і повторюють наведені вище операції до повного усунення дисбалансу. Пластину завтовшки 1 мм зменшує віброшвидкість на 1 мм/с.

Ремонт підбарабання. Під час експлуатації комбайнів спостерігають такі дефекти підбарабання: деформація і обрив поверхневих прутків, відхилення площинності планок як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямках, спрацювання робочих граней планок.

За згину планок у горизонтальній площині більше 3 мм і вертикальній більше 1 мм їх правлять на спеціальній півкруглій плиті, застосовуючи спеціальний ключ з двома стояками, який має прорізи розміром, що відповідає товщині планок. Планки із значним згином правлять з попереднім прогріванням. Після вирівнювання планок тріщини і зруйновані зварні шви заварюють електрозварюванням. Планки зі зношеними передніми гранями переставляють на 180° так, щоб задні незношені кромки знаходились спереду. Планки із значним зносом робочих граней наплавляють і обробляють спеціальними різцевими головками у спеціалізованих ремонтних майстернях.

Ремонт соломотряса. Основними дефектами соломотряса є згин валів, знос шийок валів і вальниць, тріщини корпусу клавіш, поломка кронштейнів, згин граблин і решіток.

Зігнуті колінчасті вали соломотряса правлять на спеціальному пристрої-шаблоні, попередньо підігріваючи деформовані місця. Шийки колінчастих валів соломотряса, спряжені з дерев'яними вальницями, проточують з подальшим шліфуванням до ремонтного розміру.

У випадку зносу поверхні колінчастого вала під втулки вальниць вал вибраковують. Деформовані корпус, клавіші, гребінки і граблини правлять до відновлення їх початкової форми. Обірвані граблини видаляють з подальшим приварюванням нової граблини, газовим або напівавтоматичним зварюванням у середовищі вуглекислого газу. Тріщини і розриви заварюють газовим зварюванням, на місці потертості кожуха приварюють латки. Дефектні заклепки видаляють, послаблені – осаджують.

Ремонт механізму очищення Основними несправностями механізму очищення комбайна є: знос або обрив переднього і бокового ущільнювальних пасів нижнього решітного стану; тріщини, розриви і відривання гребінок; відхилення від площинності бортів стану; розриви і тріщини струшувальної дошки, рами нижнього і верхнього решітного стану та подовжувача грохоту; знос деталей скребкових ланцюгів елеваторів; деформація, розриви, тріщини і

знос гвинтових стрічок і кожухів шнеків, лопатей крилатки і кожуха вентилятора; деформація валів шнеків.

Ущільнювальні паси із наскрізними потертостями, розривами і деформаціями замінюють на нові. Гребінки нижнього і верхнього решітних станів і подовжувача із тріщинами і розривами заварюють газовим зварюванням з наступним зачищенням і рихтуванням. Гребінки, які відірвалися від осей, установлюють у положення повного закриття, а потім кожну гребінку приварюють газовим зварюванням до осі у двох точках з неробочого боку.

Борти стана із вм'ятинами понад 4 мм рихтують, розриви і тріщини струшувальної дошки, рами нижнього і верхнього решітного стана і подовжувача грохота заварюють газовим зварюванням з неробочого боку, попередньо виправивши пошкоджені ділянки.

Деформовані пластини жорсткості скребків елеваторних ланцюгів рихтують, розшаровані і зношені гумові скребки замінюють новими, зношені елеваторні ланцюги відправляють на спеціалізовані ремонтні підприємства, де їх ремонтують за загальноприйнятою технологією.

Деформовані корпус, вал і гвинтову стрічку шнека, а також лопаті крила і кожуха вентилятора правлять до надання початкової форми. Тріщини, розриви і пробоїни заварюють із застосуванням газового або напівавтоматичного зварювання у середовищі вуглекислого газу. Крилатку вентилятора статично балансують.

Ремонт бункера і вивантажувального пристрою. Основними дефектами бункера і вивантажувального пристрою є: деформація і тріщини боковин бункера; тріщини зварних швів; деформація гвинтових стрічок і кожухів шнеків; знос гвинтової стрічки за висотою, посадочних місць валів під вальниці, зірочку і вилку, а також шнекових пазів за шириною; радіальне биття цапф, шнеків.

Деформовані поверхні правлять, тріщини заварюють газовим або напівавтоматичним зварюванням у середовищі вуглекислого газу. Пробоїни і розриви ремонтують приварюванням накладок. У випадку значних руйнувань кожухів шнеків зношену частину відрізають, виготовляють із листової декапірованої сталі відповідну накладку і приварюють із перекриттям 30 мм. Деформацію гвинтової стрічки і биття цапф шнеків усувають правленням, у разі зношення гвинтової стрічки за висотою, шнеки бракують. Посадочні місця валів під вальниці, зірочки і вилки, а також шпонкові пази відновлюють за технологіями, розглянутими у розділі 4.

Ремонт обладнання комбайнів для збирання незернової частини врожаю. Комбайни комплектують трьома видами обладнання для збирання незернової частини врожаю – копнувачами, універсальними подрібнювачами або капотами. Найпоширеніші

копнувачі. Основними дефектами їх є тріщини у зварних швах; деформація пальців граблин; знос пальців куліс і вальниць соломонабивача; деформація і злом платформи, боковин, пальців, каркаса, зачепів, защіпок; обрив кронштейнів кріплення пальців. Тріщини у зварних швах і зломи платформи заварюють газовим або напівавтоматичним зварюванням у середовищі вуглекислого газу, за значних розривів платформи приварюють накладки з неробочої поверхні. Деформовані граблини, боковини, платформи, каркаси правлять до відновлення початкової форми із застосуванням місцевого нагрівання. Дерев'яні напіввальниці із тріщинами і сколюваннями на робочій поверхні замінюють новими. Також замінюють на нові зношені пальці і куліси. Обірвані упорні шайби колінчастого вала і кронштейни кріплення пальців приварюють електрозварюванням.

Ремонт вузлів і деталей гідросистеми і гідропроводу, а також електронних засобів автоматизації комбайнів здійснюється на спеціалізованих підприємствах або ділянках за технологіями відповідних типових деталей і вузлів тракторів (розділи 4 і 6).

Ремонт двигунів, ходової частини і коробок передач зернозбиральних комбайнів подібні ремонту цих вузлів у тракторів (розділ 6).

Регулювання і обкатування комбайнів здійснюють після складання.

При цьому перевіряють встановлення пасів і ланцюгів відповідно до схем на панелях молотарки, а натяг пасів і ланцюгів – відповідно до норм. Запобіжні муфти регулюють на передачу відповідного крутного моменту.

Перевіряють правильність налагодження і регулювання вузлів комбайна. Всі регульовані параметри мають відповідати технічним умовам та керівництву з експлуатації середньому значенню діапазону регулювання. Визначають правильність встановлення ущільнень і щільність їх прилягання. Після цього перевіряють і змащують всі механізми комбайна відповідно до карти мащення.

Обкатування комбайна після ремонту передбачає послідовне обкатування двигуна, жниварки, молотарки і копнувача, комбайна на ходу на різних швидкостях.

Після ремонту комбайн ставлять на зберігання відповідно до чинної нормативної документації.

7.3 Ремонт спеціальних комбайнів

До спеціальних комбайнів належать кукурудзо-, кормо-, корено-, картопле- та льонозбиральні комбайни тощо.

Різні комбайни, які використовують у сільському господарстві, мають однотипові деталі і вузли, подібні між собою за ремонтно-технологічними ознаками, наприклад, рами, вали, осі, колеса, вальниці, ланцюгові і пасові передавачі, транспортери тощо.

Типові деталі і складанні одиниці мають значні відмінності у конструкції, але виконують подібну роботу, тому і несправності, які зустрічаються в них, мають однорідний характер. Отже, технологія усунення несправностей може бути однаковою.

Розглянемо ремонт деяких типових деталей і складаних одиниць комбайнів.

Ремонт рам. Рама – основний несучий елемент машин, який має такі дефекти; послаблення заклепокових і болтових з'єднань, руйнування зварних швів, знос отворів і посадочних місць, тріщини, обриви, деформацію окремих елементів і рами загалом.

Послаблені заклепки підтягують у холодному стані. Якщо при цьому не відновлюється жорсткість з'єднань (під час постукування навколо заклепки прослуховується деренчання), заклепки міняють, відновлюючи форму отворів розвірчуванням під збільшений розмір отвору і заклепки. Технологія ремонту болтових з'єднань аналогічна.

Зруйновані зварні шви, тріщини і розриви усувають зварюванням з попередньою підготовкою зварюваних поверхонь. За потреби у місцях зварювання приварюють додаткові накладки, якщо вони не заважають установленню інших деталей (рис. 7.3).

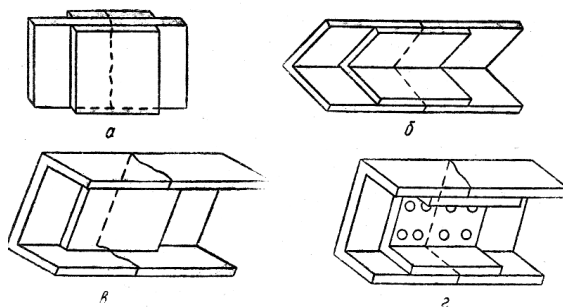


Рис. 7.3. Ремонт деталей рами підсилювальними накладками:
а, б, в – приварюванням накладок до плоского бруса, кутника і швелера;
г – кріплення накладки до швелера заклепками

Зношені отвори і посадочні місця під встановлення (кріплення) вузлів ремонтують (відновлюють) наплавленням або приварюванням накладок з подальшою обробкою їх під розміри за робочим кресленням.

Деформація окремих елементів рам викликає розшатування і перекос всієї рами, що є причиною зміщення передавальних механізмів і робочих органів машини.

Незначну деформацію окремих ділянок рам усувають правлінням у холодному стані за допомогою пристрою, наприклад гвинтового (рис. 7.4). Якщо рама значно деформована, її розбирають, зняті деталі (якщо дозволяють габарити) правляють на пресі або за допомогою пристроїв, заварюють тріщини, посилюючи їх накладками.

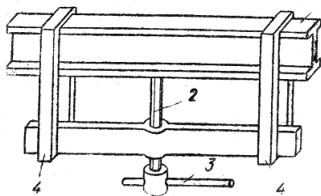


Рис. 7.4. Гвинтовий пристрій для правки рам:

1 – брус; 2 – гвинт; 3 – вороток;
4 – скоби

У випадку руйнування зварних швів зрубують наплавлений шар і це місце знову зварюють, зміцнюючи шви наклепуванням вздовж них від середини до країв. Кожний наступний удар при цьому має перекривати попередній на $1/2 - 2/3$ його розміру.

Ремонт рам, як правило, виконують на спеціалізованих ремонтних підприємствах.

Ремонт валів і осей. Вали

і осі, що входять у конструкцію комбайнів, мають, здебільшого, такі дефекти: знос посадочних місць під вальниці, шліцевих поверхонь, нарізі, шпонкових пазів, згин тощо. Технологія ремонту (відновлення) деталей з вказаними дефектами розглядалася у розділах 3 і 4.

Ремонт ланцюгів. Ланцюгові передачі комбайнів різні за конструкцією, але мають один дефект – знос ланок, за якого збільшується крок і ланцюг подовжується, що порушує нормальне зачеплення із зубами зірочок.

Роликові ланцюги із граничним збільшенням середнього кроку ланцюгів до 3% можуть експлуатуватися у ланцюгових контурах з розміром кроку 15,875; 19,05; 25,4 і 38, де граничне збільшення середнього кроку допускається до 5%. Для визначення середнього кроку застосовують штангенциркуль.

У випадку збільшення кроку понад допустимий ланцюг ремонтують на спеціалізованих ділянках. Для відновлення нормальних розмірів пластин і роликів застосовують нагрівання з подальшим обтисканням і обробкою під розміри за робочим кресленням валики, як правило, вибраковують.

Гакові ланцюги вибраковують за товщини гака менше 3,5 мм і ширини його зіву понад 5,5 мм. Під час ремонту ланцюга можуть

установлюватися ланки зі зносом менше допустимого і які належать до однієї групи (з однаковим зносом цапф). Для відновлення кроку ланцюга обтискають гаки ланок. Відновлені таким чином ланцюги мають меншу міцність і використовуються на менш навантажених контурах машини.

Комбіновані ланцюги за зносу робочої частини штампованої ланки до товщини менше 2 мм і литої ланки до розміру менше 4 мм вибраковують. Якщо вказані поверхні не досягли граничних розмірів, а подовження ланцюга більше допустимого, ланцюг ремонтують. Литі ланки під час складання встановлюють у ланцюг, повертаючи їх на 90° від початкового положення, що дає можливість збільшити строк служби ланцюга. Штамповані ланки під час складання ланцюга обтискають у спеціальному пристрої, звертаючи увагу на місце перегину штампованої ланки, оскільки у цьому місці можуть виникнути тріщини. Ланки з тріщинами вибраковують. Після ремонту ланцюги обкатують на спеціальному стенді.

Ремонт транспортерів. Транспортери, які застосовують у спеціальних комбайнах, переміщують качани кукурудзи, картоплю, корми тощо. Вони працюють у різних умовах і різняться між собою матеріалом, конструкцією і розмірами.

Полотняно-планчасті і стрічкові транспортери використовують переважно у жниварках і мають такі основні дефекти: послаблення кріплення, поломку і відривання планок, а також стирання і розрив полотна і пасів.

Під час ремонту послаблені заклепки кріплення планок підтягують, поламані планки замінюють новими. Якщо на полотні є потерті місця або розриви, їх усувають установленням накладки із запасної транспортерної тканини. Накладка має перекривати дефектне місце на 40–50 мм. Під час ремонту стрічок накладки приклеюють або ставлять на заклепки.

Втулково-пруткові транспортери працюють в особливо важких умовах, наприклад на картоплезбиральній або коренезбиральній машині, де на 1 м проходу машини транспортер переміщує до 200 кг ґрунту. Основним дефектом таких транспортерів є знос робочих поверхонь. Під час ремонту машини транспортер знімають і контролюють довжину ланцюга. Якщо його подовження перевищує 5% від початкового кроку ланцюга, транспортер не підлягає подальшій експлуатації. Нерідко ремонт транспортерів зводиться до заміни окремих несправних ланок. Зношені в місцях спряження із з'єднувальними ланками прутки основного транспортера (елеватора) до розміру менше Ø10 мм замінюють новими або відремонтованими. При цьому зношені частини прутків відрізають, а дефектну частину компенсують додатковим прутком. Прутки з'єднують у стик із встанов-

ленням втулки, торці якої приварюють електрозварюванням до прутків. Відремонтовані прутки ставлять на транспортер.

Після складання і встановлення на комбайн ланцюги випробовують, прокручуючи привідні вали. Упевнившись, що транспортер рухається без заїздів, обкатують його без навантаження. При цьому звертають увагу на плавність роботи транспортера.

Крім типових, комбайни мають низку оригінальних вузлів і складаних одиниць. Далі розглянуті дефекти і способи їх усунення основних вузлів комбайнів.

Ремонт кукурудзозбиральних комбайнів. Різальний апарат кукурудзозбирального комбайна роторного типу, деталі якого можуть мати знос і викришування робочих поверхонь. Строк служби різального апарата можна збільшити зміною положення різальних органів або застосуванням відтягування різальних кромок.

Качановідокремлювальний апарат утворений із двох похило розміщених вальців, знос яких визначає працездатність вузла загалом. Під час ремонту зношені вальці наплавляють. Висота рифів після наплавлення має становити 4–6 мм. Обгумовані вальці ремонтують на спеціалізованому робочому місці, де виконується вулканізація зношеної частини вальця.

У подрібнювальному пристрої комбайна після переробки 2500 т маси затупляються ножі до радіуса 1 мм і більше. Для підвищення довговічності і забезпечення самозаточування ножі наплавляють шаром твердого сплаву завтовшки 0,4–0,6 мм. Перед наплавленням ножі відтягують, а після наплавлення – загартовують, за нагрівання до 830–840 °С і охолодження у воді з подальшим відпусканням.

Ремонт гичкозбиральних машин і бурякозбиральних комбайнів. Різальний апарат гичкозбиральної машини обладнаний дисковими гладенькими і сегментними (для роботи на дуже забур'яненних ділянках) ножами. Основними дефектами різального апарата є знос, викришування і облом робочих органів. Ножі при затупленні заточують на спеціальному пристрої або токарному верстаті. Під час ремонту диски відтягують за технологією, подібною технології ремонту дисків культиваторів.

Робочі органи корнезбиральних комбайнів (копачі) працюють у тих самих умовах, що і робочі органи ґрунтообробних машин. Отже, відновлюють зношені поверхні копача аналогічними способами.

Очисник коренеплодів складений із шнеків, які зношуються від взаємодії із ґрунтом, деформуються через потрапляння каменів та інших твердих предметів. Зношені частини шнеків зрізують газо-

подуменим способом і замінюють новими. Крок витка контролюють спеціальним шаблоном.

Ремонт картоплезбиральних комбайнів. Основні несправності та способи усунення можна розглянути на прикладі комбайна ККУ-2А.

Комбайн має значну кількість деталей, вузли яких в процесі експлуатації отримують несправності схожі з тими, що мають місце в інших машинах: знос посадочних місць під вальниці, шківів, шпонкових пазів тощо. Технологія усунення таких несправностей розглядалась раніш. Крім цього у комбайна є оригінальні деталі, вузли. Їх ремонт полягає у такому.

Лемеші комбайна під час роботи інтенсивно зношуються і деформуються. Для ремонту лемешів знімають, правлять, заточують лезо під кутом 15–16°. У найтоншій частині товщина леза має бути 0,5–1 мм. Під час складання лемеші мають знаходитися в одній площині, зміщення має не перевищувати 4 мм.

Грудкороздавлювач комбайна складається з двох пневматичних балонів, які у процесі експлуатації пробиваються, розриваються, протираються. Для виявлення дефектних місць камеру грудкороздавлювача накачують і заглиблюють у воду. Проколи і розриви камер вулканізують. Дефектні місця покришок вирізають, потім готують манжету (із старої покришки) і вулканізують за температури 140–143 °С. Після ремонту і складання балони контролюють на герметичність і радіальне биття, яке має не перевищувати 10 мм.

Ремонт льонозбиральних комбайнів. Основними дефектами деталей комбайна є знос і подовження пасів; знос ручаїв роликів, шківів, ланцюгів, зірочок, транспортуючих зубів, дисків очісувального барабана, полотна вивантажувального транспортера тощо.

Зношені паси і паси довжиною понад допустиму вибраковують. Частину деталей або складаних одиниць комбайна, таких як ролики, шківів, ланцюги, зірочки, транспортери, диски; кожухи огорожі, вали, осі та інші, можна віднести до певного класу або типу, технологія ремонту яких розглядалась у попередніх розділах. Після ремонту і складання комбайна вузли регулюють.

У бральному апараті торці шківів і роликів, які охоплюються одним пасом, мають знаходитись в одній площині.

Поперечний транспортер повинен мати прогин холостої вітки не більш 25–30 мм.

У натискному транспортері зміщення верхнього і нижнього пасів один відносно одного має бути не більше 2 мм.

Різниця довжин двох будь-яких зубів очісувального барабана не повинна перевищувати 4 мм.

Складені комбайни регулюють і випробують на обкатувальному стенді кілька хвилин. При цьому прослуховують роботу всіх вузлів, усувають несправності і обкатують. У правильно складеному комбайні всі механізми мають працювати плавно, без зайвих шумів, стуків, вальничні вузли – не нагріватися. Режими обкатування вказані в інструкції з експлуатації.

7.4. Ремонт сільськогосподарських машин і знарядь

Ремонт плугів. Лемеша вітчизняних плугів виготовляються зі середньо – і високовуглецевих сталей, твердість яких в загартованому стані складає HRC 55-60, що відповідає приблизно HV6,0-8,0 (сталі 40Г, 45, 65М, 70М, Л53, Л65, 65Г).

Інтенсивність зносу лемеша (рис. 7.6) залежить від щільності ґрунту, кількості і виду абразивних частинок, що знаходяться в ґрунті, механічних властивостей, зрізуваних рослин, матеріалу леза, наробітку. У лемешів під час роботи зношуються шліцевий бік, носок і лезо.

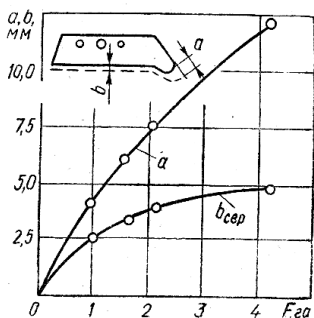


Рис. 7.6. Графік інтенсивності зношування лемешів на важких ґрунтах:

a – знос носка; b – знос прямолінійної частини леза (середньої);
 F – наробіток, га

Основними напрямками з підвищення довговічності і зносостійкості лемешів є:

- термічне оброблення лемеша гарячим вальцюванням;
- зміцнення леза методом наплавлення твердих матеріалів;
- розробка біметалічних матеріалів.

Лезо в разі затуплення заточують із робочого боку до товщини 1–1,5 мм за ширини фаски 5–7 мм і кути заточування 25–40°. Після зносу до ширини менше 108 мм (перевіряють шаблоном) леміш від-

новлюють відтягуванням до нормального профілю з відхиленням за шириною не більше 5 мм, а довжиною – не більше 10 мм за рахунок металу тильного боку (магазина). Відтягування можна виконувати не більше чотирьох разів. Для цього леміш нагрівають у печі або на ковальському горні до температури 900–1200 °С по всій довжині і відтягують на пневматичному молоті. Поверхня відтягнутого лемеша має бути рівною, без тріщин. Відхилення його спинки від

площинності допускається не більше 2 мм, випуклість робочої поверхні леза – до 4 мм.

Після відтягування леміш заточують із лицьового боку, потім нагрівають до 700–820 °С і гартують по всій довжині на ширину 20–45 мм у солоній воді за температури 40 °С протягом 6 с з боку леза до твердості 444–650 НВ. Потім відпускають за нагрівання до 350 °С з охолодженням на повітрі. Ефективніше ізотермічне гартування, коли леміш нагрівають до 880–920 °С і охолоджують лезо до 350 °С протягом 3,0–3,5 с у підігрітій до 40 °С 10%-й солоній воді. Після цього його охолоджують на повітрі.

Для підвищення стійкості проти зношування лезо лемеша роблять самозаточувальним (рис. 7.7), наплавляючи його тильний бік твердим сплавом. Слід звернути увагу на те, що наплавлення твердих сплавів на лезо лемеша припускає збереження різальних властивостей за рахунок створення умов самозаточування. Це явище для певних умов роботи заданого профілю леза лемеша можливо тільки в певному стані твердості шарів. У лемеша плуга це співвідношення лежить у межах $HB1/HB2=2,6-2,9$ у випадку, якщо співвідношення твердості менше оптимального значення, відбувається затуплення леза. Коли співвідношення твердості більше оптимального значення, відбувається надмірне загострення леза, як результат зменшується кут заточування, що призводить до обломлення кінчика леза. Твердість наплавлених твердих сплавів звичайно знаходиться в межах HRC50–66, а ресурс наплавленого лемеша в 1,3–3,0 рази більше виготовлених без зміцнюючого наплавлення.

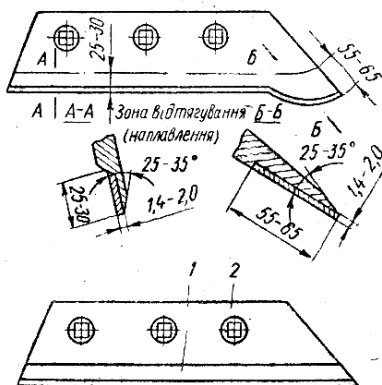


Рис. 7.7 Самозаточувальний леміш:

1 – смуга; 2 – спинка

- дугове наплавлення електродами НЦ-29, Т-590, Т-620, ЕН-ІТС-01;

Перед наплавленням у лемеша відтягують смугу завширшки 25–30 мм з боку леза і ділянку завширшки 55–65 мм біля носка долотоподібного лемеша. Товщина шару наплавлення має бути 1,4–2,0 мм.

Найбільшого розповсюдження набули методи наплавлення твердих сплавів:

- газове наплавлення литими прутками ПР-С1 (тип металу що, наплавляється У30Х28Н4С3), ПР-С2 (У20Х12Н2), ПР-С27 (У45Х28Н2ВМ) та сплавів типу «Сормайт»;

- наплавлення порошковими проволочками ПП-АН-105, ПП-АН-123, ПП-АН-125, ПП-АН-135, ПП-АН-192, ПП-АН-198 і порошковою стрічкою

- ЛС-У10Х7ГР;

- точкове наплавлення порошковим дротом ПП-Нп-80Х20Р35-Н-С-3,2;

- наплавлення на морожуванням сплаву ФБХ-6-2;

- індукційне наплавлення сплавів типу «Сормайт», ПГ-С-ВУС-25, ФБХ-6-2;

- плазмове наплавлення сплаву ФБХ-6-2.

Товщину наплавленого шару перевіряють шаблоном. Лезо вирівнюють на заточувальному верстаті і заточують з лицьового боку під кутом 25–35°.

У разі зносу до ширини менше 92 мм леміш відновлюють приварюванням смуги. Для цього попередньо готують смуги відповідних розмірів з вибраканих лемешів. Їх можна приварювати ковальським способом, газовим або електродуговим зварюванням. За ковальського зварювання леміш і смугу з'єднують внапусток з перекриттям 30–40 мм. Леміш і смуга в зоні перекриття повинні мати випуклі поверхні. Після нагрівання до 1100–1200 °С на леміш і смугу насилають чистий річний пісок, який використовують як флюс і зварюють ковальським способом. Внаслідок випуклості поверхонь з'єднаних частин шлак, що утворюється, легко витискається із зон перекриття. Смугу до лемеша починають приварювати із середньої частини.

Газовим або електродуговим зварюванням смугу приварюють звичайним способом після зняття на з'єднаних деталях фасок під кутом 45°.

Останніми роками в нашій країні і за кордоном для підвищення зносостійкості лемешів плугів стали застосовувати кераміку. При цьому застосування кераміки як зносостійкого матеріалу стримувалося зазвичай вартістю пластин і недоліками методів кріплення їх на поверхні лемеша. Сьогодні ставлення до кераміки дещо змінилося через розробку нових зносостійких матеріалів з високими фізико – механічними властивостями і низькими вартісними характеристиками, що привело до широкого застосування таких конструкційних керамічних матеріалів: карбідів і нітридів бору, карбідів вольфраму, карбідів і нітридів кремнію, діоксиду цирконію і оксиду алюмінію.

Методи кріплення керамічних пластин на поверхні лемеша розвивалися в двох напрямках – клейові з'єднання і паяння.

Зміцнення лемешів здійснювалося за технологією склеювання в системі оксид алюмінію – сталь високоміцними клеями. При цьому

приклеювалася корундова кераміка на основі матеріалу НТК (низькотемпературна кераміка, шихта якої складається з промислового глинозему марки ГН-1 і високодисперсної добавки титана марганцю). Розміри приклеєних керамічних пластин 35х25х2,5 мм. Випробування лемешів з приклеєними пластинами проводилися на суглинних, суглинно-супіщаних і чорноземних ґрунтах, порівняно з серійними лемешами виготовленими за традиційною технологією. Як результат встановлено, що зносостійкість випробовуваних лемешів з приклеєними керамічними пластинами 3–5 разів вище, ніж у серійних, за однакових показників якості виконання технологічного процесу і енергетичних показниках. Крім того, проводилися експерименти з підвищення зносостійкості робочих органів плуга нанесенням клейової композиції на основі клею ВК-36 і порошку електрокорунду.

Паяння металокерамічних пластин на леміш дозволяє значно підвищити міцність з'єднання «металокераміка – леміш» порівняно з клейовими з'єднаннями. Випробування лемешів з напаяними металокерамічними пластинами, із сплаву ВК-8 показали, що їх зносостійкість на середньосуглинстих ґрунтах у 4,6–5,0 разів вище ніж у серійних.

Незалежно від вищеперерахованих способів зміцнення лемеша плуга, сьогодні проводиться роботи із зміни конфігурації і геометричних розмірів лемеша.

На більшості плугів провідних західних фірм застосовують збірні лемеші, які складаються із змінного вістря (так званого «долота») і власне лемеша. Долото може накривати леміш (накладне долото) або встановлюватися поряд з лемешем, в одній площині з ним. Товщина такого долота і його міцність вищі, ніж у носка лемеша. За даними зарубіжних спостережень до повного зносу лемеша використовується в середньому 2–3 змінних долота. Як показує досвід долото необхідне на кам'янистих ґрунтах.

Подальше підвищення ресурсу робочих органів ґрунторізальних машин може бути досягнуте тільки за рахунок застосування перспективних зносостійких матеріалів і оптимальної конфігурації поверхні цих органів на базі вивчення процесів, що протікають в трибосистемі «робочий орган – ґрунт».

Відвали. У відвалів найінтенсивніше зношуються груди і польовий обріз. Форму зношеної робочої поверхні відвала перевіряють шаблоном. Допустиме відхилення від шаблона – не більше 6 мм.

Зношений польовий обріз відвала наплавляють послідовним накладанням валиків електродами Т-590 або сплавом сормайт № 1 і заточують під кутом 45–50° до робочої поверхні.

У випадку сильного зносу носка зношену частину видаляють і замість неї приварюють заготовку відповідної форми, виготовлену із старого відвала за шаблоном, підганяючи її в місці стику. Аналогічно діють у випадку обламування носка. Перед приварюванням заготовку термічно обробляють до твердості HRC 50-62. Для відведення тепла під час зварювання ділянки поряд зі швом обмазують розчином глини з азбестом, під шов ставлять підкладку із червоної міді завтовшки 5 мм, а під підкладку – ганчірку, змочену водою. Після приварювання шов зачищають.

Польові дошки зазвичай зношуються з боку, поверненого до стінки борозни.

Зношені польові дошки використовують для подальшої роботи, перевертаючи їх на 180°. При цьому нові квадратні отвори пробивають у нагрітій деталі квадратним пробійником після попередньої розмітки, свердління і zenкування. Потім польову дошку піддають термообробці. Польові дошки з невеликим зносом наплавляють сормайтотом № 1 і заточують.

Дискові ножі. Зминання леза ножа допускається не більше як у трьох місцях завглибшки до 1,5–2,0 мм і завдовжки до 15 мм, короблення диска – не більше 3 мм. Покороблені диски правлять на плиті у холодному стані. Заточують їх до товщини леза 0,5 мм на спеціальній установці для заточування дискових ножів і пристроях до токарного верстата різцями з пластинами із твердих сплавів T15K6. Осьове і радіальне биття диска допускається не більше 3 мм.

Контроль складання. У робочому положенні у правильно складеному плузі леза лемешів, кінці польових дошок, п'ятка задньої польової дошки, борозне і заднє колеса мають лежати в одній площині. Відхилення від паралельності польових обрізів відвалів і лемешів допускаються тільки у бік борозни, але не більше 10 мм. Носки і п'ятки корпусів мають лежати на одній прямій з відхиленням не більше ± 5 мм. Відстань між внутрішньою кромкою борозного колеса і п'яткою лемеша першого корпусу допускається 50 ± 5 мм. Площина диска заднього колеса повинна мати нахил 6–10° від вертикалі у бік зораного поля. Просвіт між п'яткою лемеша або заднім обрізом польової дошки і площиною контрольної плити допускається до 10 мм. Розміщення носка лемеша вище п'ятки або польової дошки не допускається. Відвал і леміш мають щільно прилягати один до одного, а леміш – виступати над поверхнею відвала у місці стику не більш як на 1 мм. Зміщення заднього колеса від прямої, що проходить через польову кромку лемеша останнього корпусу, допускається не більше 5 мм.

Ремонт борін. Зношені і зігнуті зуби борін відтягують і правлять із нагріванням ковальським способом за різниці у їх довжині

не більше 10 мм. Робочу частину зуба гартують, нагріваючи до 820–840 °С і охолоджують у теплій воді за температури 30–35 °С. Під час складання борони зуби встановлюють ребром за ходом, а зуби із смугової сталі – вузькою гранню за ходом.

Основними дефектами дисків борін є утворення тріщин біля квадратних отворів, знос останніх і затуплення лез. Затуплені диски борін заточують на установці для заточування дискових ножів, на пристрої до абразивно-шліфувального верстата або проточують різцем на токарному верстаті. Проточують диски з вигнутого боку різцем з пластинкою із твердого сплаву Т15К6, створюючи кут заточування 37° за товщини леза диска 0,3–0,5 мм.

Тріщини біля квадратного отвору заварюють електрозварюванням з подальшою обробкою. У разі зносу квадратних отворів до диска приварюють накладку з квадратним отвором, виготовлену ковальським способом із вибракуваного диска. Для зварювання на диск накладають мокрий азбест або розчин глини, щоб не порушити термообробку.

Для зменшення зносу отворів і зминання граней валів на кожну батарею дискової борони ставлять компенсуючу, пружну шайбу.

У складеному вальничному комплекті батарей втулка має прокручуватися важелем завдовжки 330 мм і зусиллям не більше 40 Н. Осьовий зазор у вальниках допускається не більше 0,5 мм. У складеному дисковому знарядді під час перевірки на контрольній плиті просвіт дисків та їх осьове биття за діаметром допускається не більше 4 мм. Чистики встановлюють на відстані 2–4 мм від дисків.

Ремонт культиваторів. Основні можливі дефекти культиваторів – це затуплення лез робочих органів (стрілчастих лап, підгортачів тощо); спрацювання втулок, осей коліс, сальників, нарізи на деталях, деталей механізмів підймання робочих органів і керування колесами, з'єднувального шарніра; перекіс і скручування деталей рами, грядилів.

Більшість робочих органів культиваторів (крім розпушувальних лап) – самозаточувальні, наплавлені твердими сплавами з тильного боку. Вони відновленню не підлягають. Розпушувальні лапи заточують згори до товщини різальних кромek не більше 1 мм. Стрілчасті лапи відновлюють встановленням змінних лез на потайних заклепках або приварюванням накладки на носок (рис. 7.8а). Після встановлення змінних лез лапу нагрівають до 820 °С і загартовують у воді. Лапи із сталі 70Г загартовують у маслі. Накладку (рис. 7.8б) виготовляють із вибракуваних сегментів жниварок і косарок або з дисків сошників сівалок. Після приварювання на виступаючу частину накладки з тильного боку наплавляють га-

зовим зварюванням шар сормаїту № 1 завтовшки 0,7–1 мм, потім зачищають напливи і заточують лезо.

Стояки лап за відхилення від площинності правлять у нагрітому стані. Потайні головки кріплення лап до стояків мають заглиблюватися на 1 мм. Стояки кріплять так, щоб носки лап під час перевірки на плиті мали зазор не більше 1 мм, а кромки леза – 3 мм. Носок стріччастої лапи може бути зменшений від вертикальної осі симетрії гряділя на ± 3 мм.

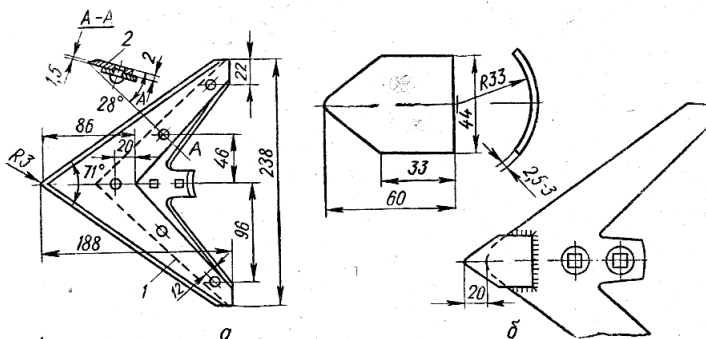


Рис. 7.8 Відновлення лап культиватора:

а – встановленням змінних лез; 1 – вирівняне лезо; 2 – лезо-накладка;
б – приварюванням накладки на носок

Ремонт сівалок. *Висівні апарати.* До основних дефектів котушкових висівних апаратів належать: знос накладки, розетки і боковини, прогин вала, викришування рифів (ребер) котушок.

Зношену поверхню накладки наплавляють у середовищі вуглекислого газу до товщини 1,2–1,5 мм і калібрують. Якщо знос накладки перевищує допустимий, то із листового металу товщиною 1,2 мм і завширшки 80 мм вирізають заготовку і за допомогою штампа виготовляють нову накладку. Так само відновлюють розетку і боковину апарата за їх товщини не менше 1 мм або виготовляють їх штампуванням із листової сталі завтовшки 2–3 мм. Після відновлення зношених поверхонь складають боковину. Для цього встановлюють три заклепки в отвір боковини, ставлять накладку отворами на заклепки і розклепують. Прогин вала усувають холодним правлінням на плиті. У разі викришування ребер котушку замінюють новою.

У корпусі може бути знос або зрив нарізі, тріщини. Нарізі калібрують або заварюють і нарізають нарізі номінального розміру. Тріщини заклеюють клеями на основі полімерних матеріалів або заварюють відомими способами.

Дискові сошники. Диски зношуються за діаметром, затуплюються і деформуються. Зношуються деталі з'єднання диск – вкладиш або вальниці, а також диск і гумовий зачіпляльник. Знос дисків за діаметром і збільшення зазорів у вальничному вузлі призводить до утворення зазору у точці сходження дисків, який має не перевищувати 2 мм у момент прикладання зусилля стискання з протилежного боку. Перевищення зазору призводить до поверхневого загортання насіння.

Під час ремонту сошники дефектують складеними. У випадку короблення понад 3 мм і зазору понад 2 мм у точці сходження дисків сошник розбирають.

Диски рихтують у холодному стані або ударами молотка на плиті чи установці, притискаючи їх до роликів або термофіксацією. В останньому випадку їх складають у пакет між двома паралельними плитами, навантажують і ставлять в електропід, де нагрівають до 450–480 °С і витримують протягом 4–5 год. Потім диски заточують із зовнішнього боку різцем на токарному верстаті (затискають два диски) під кутом 20° до ширини фаски 6–8 мм товщини леза 0,1–0,5 мм. Допускається зминання леза не більше як у трьох місцях глибиною і довжиною не більше 1,5 мм. Відремонтовані диски можуть бути одного з трьох ремонтних розмірів: перший – діаметром 342±2 мм, другий – 336±2, третій – 328±2 мм.

Згин насіннепрямника перевіряють шаблоном, і якщо він перевищує 5 мм, його правлять. У випадку зносу бокових поверхонь очисників більше 5 мм їх вибраковують.

Трубчасті сошники можуть мати затуплення лез, згин крила, лапи і стояка. Затуплені леза заточують. Лапу відтягують або наплавляють стійким проти зносу сплавом, як і лапу культиватора з тильного боку. Згин усувають правленням.

Лезо заточують із лицьового боку до товщини 0,4–0,5 мм за ширини фаски 7 мм. Лапу відновлюють відтягуванням на молоті до ширини леза 15±5 мм на всій довжині. Згин стояка усувають правленням на пристрої, нагріваючи місце згину газовим зварюванням до температури 800–1000 °С.

Після ремонту трубчасті сошники мають бути без вм'ятин на поверхні лійок. Відхилення кінця наральника від площини симетрії корпусу сошника має не перевищувати 4 мм. Передні і задні повідці сошників мають вільно повертатися в шарнірах на кут до 45° від горизонталі.

Насіннепроводи можуть мати зминання, розтягнуті і поломані витки, їх правлять на конусній сталій оправці дерев'яним молотком. Розтягнуті насіннепроводи стискають до нормальної довжини, фіксують за допомогою дріт'яних гаків, нагрівають до 850 °С, потім

у вертикальному положенні занурюють на 1–2 с у воду, підігріту до 50 °С і виконують самовідпускання охолодженням на повітрі до 200–300 °С і далі у воді. Під час розтягування насіннепроводів зусиллям до 40 Н не має бути залишкової деформації витків.

До несправностей гумових гофрованих насіннепроводів належать розриви і розшарування трубки. У цьому випадку їх замінюють.

Для перевірки якості насіннепроводу його скручують на 360° і згинають навпіл. Справний насіннепровід після знімання навантаження повинен вернутися у початкове положення без слідів деформації.

Мундштуки насіннепроводів з розривами вибраковують і виготовляють нові із листового заліза завтовшки 1 мм.

Ремонт картоплесаджало. У ложково-дисковому посадочному апараті картоплесаджало у процесі роботи деформуються боковини ковша, диск, затискачі, важелі, пальці ворущилки, витки шнека, вали. Зустрічаються тріщини у зварних з'єднаннях і ложечках. Вказані несправності зазвичай визначають візуально і за допомогою шаблонів. Деформовані деталі правлять у холодному стані на чавунній плиті або за допомогою наставки і молотка.

Після правки деталі з обривами приварюють електродуговим зварюванням. Тріщини у чавунних ложечках заварюють електродом типу ЦЧ або біметалевим електродом.

Сошники можуть мати такі дефекти: знос поверхні крил сошника, нижньої передньої його частини, осей ротора; погнутість і розриви лопатей, відламування їх від маточин.

Зігнуті гряділі виправляють на накувальні, попередньо розігрівши до температури 900–950 °С. Стінки сошників із наскрізним зносом наплавляють електродами Т-590 і Т-620. Носок сошника у разі спрацювання на 8–10 мм відтягують ковальським способом і наплавляють сормайтом № 1. При цьому носок нагрівають до 1000 °С і наплавляють на нього робочу поверхню газовим полум'ям шар сормайту завтовшки 1 мм і завширшки 15–20 мм. Потім заточують з тильного боку передню кромку леза під кутом 25–30° до товщини $1 \pm 0,2$ мм. Сошники з наскрізними зносами відновлюють приварюванням накладки товщиною 4 мм з відходів ресорної сталі, старих лемешів, дисків. Накладку приварюють внапуск електродом типу Э42.

Зім'яті лопаті ротора рихтують, розриви і місця відривів лопатей від маточини заварюють газовим зварюванням. Отвори у маточині ротора за зазору понад 1 мм розвірчують під вісь збільшеного діаметра.

Ремонт машин для внесення добрив і захисту рослин від хвороб і шкідників. До основних несправностей належать: деформації рам, тріщини і пошкодження зварних вузлів рам, бункерів;

тріщини і пробійні стінок бункерів, резервуарів, вакуумних пристроїв; розрив і зминання сіток фільтрів; знос і порушення кроку ланцюгів, обрив ланцюгів транспортерів; деформації скребків; знос і пошкодження шпонкових канавок цапф шнеків і деталей редуктора; тріщини корпусу редуктора; знос осей вальниць, маточин коліс; тріщини і обриви у місцях зварювання деталей кінців забірних шлангів, обриви шлангів дефекти їх штуцерів кріплення; корозія поверхонь листових виробів; пошкодження нарізі.

Рами. Пошкоджені частини рами правлять на плиті або рейці. Для правлення скручених поздовжніх швелерів застосовують скоби, встановлені на місці скручування балки і за допомогою важеля і гідравлічного пристрою правлять балку. Тріщини швелерів сніци, які проходять через поперечний переріз, усувають зварюванням у середовищі вуглекислого газу і встановленням підсилюючої коробчастої накладки. Зруйновані місця зварювання відновлюють приварюванням косинок.

Транспортери. Ланцюги транспортерів натягують натяжним пристроєм і замірюють довжину 20 ланок у трьох місцях. Довжина 20 ланок повинна бути в межах 786–790 мм. Поламані та викришені ланки, а також ланки з послабленою посадкою замінюють. Послаблені кріплення скребків підтягують.

Шнеки. Зношену з ширини шпонкову канавку цапфи шнека фрезерують до ремонтного або до нормального розміру на новому місці. Погнуті кінці цапф правлять. Зношені шийки цапф під вальниці наплавляють і обробляють під номінального розмір.

Редуктори. Тріщини в корпусі заварюють. Зношені гнізда під вальниці відновлюють залізненням або полімерними композиціями. Шийки валів під вальниці залізнять. Шестерні з викришуванням або дрібними тріщинами зубів вибраковують.

Колісні пари. Зношені осі наплавляють у середовищі вуглекислого газу і обробляють під номінальний або ремонтний розмір. У випадку зносу поверхонь отворів маточин коліс під вальниці маточину розточують, у гніздо запресовують втулку, яку розточують під розмір вальниці. Поверхню гальмівного барабана проточують, а в колодках замінюють накладки,

Бункер. Зварні шви з тріщинами зачищають урівень з основним металом і заварюють точковим зварюванням або зварюванням у середовищі вуглекислого газу. На пробиті стінки бункера ставлять і приварюють латки газовим зварюванням або електрозварюванням у середовищі вуглекислого газу.

Шланги та забірні апаратура. Тріщини і відриви в місцях зварювання деталей усувають заварюванням у середовищі вуглекислого газу. У випадку наявності вм'ятин глибиною понад 3 мм у корпусі

фільтра забірної шланга його розбирають і правлять. Розриви сітки усувають паянням. Шланги замінюють, якщо в них з'явилися тріщини або розриви. Новий шланг з'єднують із штуцерами фільтра і муфтовим краном або штуцером патрубку комунікацій за допомогою хомутів.

Резервуари і вакуумні пристрої. Тріщини у місцях зварювань стінок і боковин резервуарів та вакуумних пристроїв заварюють газовим зварюванням або електрозварюванням у середовищі вуглекислого газу. Патрубок зі зношеною або пошкодженою нарізкою зрізають ножівкою і замість нього приварюють новий. Вм'ятини у корпусі резервуара правлять за допомогою дерев'яного молотка. Пошкоджену корозією внутрішню поверхню резервуара зачищають металевією щіткою і промивають ацетоном. Оброблену поверхню покривають хімічно стійкою емаллю. У випадку підтікання крана у закритому положенні замінюють ущільнення або притирають кран. Отвори під вісь вакуумного пристрою заварюють, зачищають напליви і розсвердлюють.

РОЗДІЛ 8

РЕМОНТ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА

8.1 Особливості умов експлуатації обладнання для тваринництва

Рослинна маса, гній, корми, а також мікроклімат тваринницьких приміщень належать до сильних корозійно активних середовищ, тому робота певної групи деталей машин і обладнання тваринництва супроводжується корозійно-механічним зношуванням під час тертя на твердих мінеральних частинках, які містяться в атмосфері і перероблюваних транспортovаних матеріалах, у присутності органічних кислот; вологи, електролітів і газів. Переривчаста робота машин і обладнання у тваринництві сприяє процесам утворення і руйнування поверхневих плівок і послаблених корозією поверхневих структур металу деталей, що також сприяє інтенсифікації процесу їх зношування.

Робочі органи машини і обладнання для тваринництва у корозійному середовищі піддаються великим навантаженням, які викликають швидке зношування і механічні напруженості в металах. Наявність механічних напруженостей, а отже, і деформацій, активізує проходження фізико-хімічних процесів на поверхні металу, прискорює процеси утворення плівок вторинних структур, які мають меншу міцність, більшу крихкість і слабо зв'язані з основним металом. Все це призводить до значних зносів і великого обсягу ремонтно-обслуговувачих робіт.

Оскільки обладнання тваринницьких ферм, як правило, має великі габаритні розміри і його складно транспортувати у ремонтні підприємства, найдоцільніше застосовувати агрегатний метод ремонту.

8.2. Ремонт машин і обладнання для приготування кормів

Подрібнювачі і дробарки кормів належать до машин, поломки яких виникають найчастіше. Це пояснюється тим, що вони працюють в умовах динамічного навантаження, що змінюється, вібрації і сильних поштовхів, переробляють продукт, що має абразивні властивості і кислотність. Крім того, в дробарки і подрібнювачі часто потрапляють разом з кормами сторонні предмети (шматки металу, дерева, камені, кістки). Тому потрібно постійно контролювати технічний стан цих машин. Перед пуском подрібнювача прокручують вручну ножовий барабан (диск) з вимкненим живлячим тра-

нспортером, щоб переконатися, чи немає заїдання у вальниціях, чи не ударяють ножі об протирізальну пластину, чи не зачіпають які-небудь деталі за кожух барабана, щитки, обгороджування. Перевіряють, чи добре затягнуті болти ножів, протирізальних пластин і вальниць.

У машинах для приготування кормів найінтенсивніше зношуються робочі органи: дробильні молотки, різальні і протирізальні пластини, ножі, решета, деки. Поверхні цих деталей зношуються нерівномірно.

Основним показником необхідності ремонту машини є зниження продуктивності. Наприклад, молоткові дробарки ремонтують за зниження продуктивності на 30–40%, подрібнювачі кормів – на 20%.

Істотний вплив на величину енерговитрат і якості роботи мають конструктивні параметри різальної пари та її технічний стан: гострота леза, встановлення ножа і кут різання, а також величина зазору між лезами ножа і протирізальної пластини. Гострота леза оцінюється товщиною його робочої кромки, для соломосилосорізків вона знаходиться в межах $\delta=20\text{--}40$ мкм (рис. 8.1а). У разі затуплення леза в процесі експлуатації допускається збільшення товщини леза до $\delta=100$ мкм, після чого ніж підлягає перезаточуванню.

Для соломосилосорізків кут заточування ножа $\gamma=12\text{--}22^\circ$, під час заточування ножа ширина частини, що заточується $\delta_0=20\text{--}40$ мкм. При цьому більші значення належать до дискових ножів з криволінійними, і менші – з прямими лезами. Нижня межа кута заточування обумовлена міцністю матеріалу, а верхня – економічністю режимів різання. Вживані високовуглецеві сталі марок У9 і 65Г з термообробкою робочої зони завширшки 20–30 мм до твердості 47–56HRC забезпечують можливість тривалої роботи ножів соломосилосорізків. Кут заточування безпосередньо зв'язаний з кутами різання α (рис. 8.1б) і установки β , величина яких вибирається з врахуванням прийнятих розмірів різального апарата і режимів його роботи. Чистий зріз досягають регулюванням зазору між різальною кромкою ножів і протирізальною пластиною. Конструктивно пристрої для кріплення ножів і регулювання зазору в машин виконані по-різному, але принципово вони між собою майже не відрізняються. Ножі регулюють головним чином стопорними гвинтами і середнім регулювальним гвинтом. Якщо необхідно, між дисками ножового барабана і ножем установлюють регулювальні прокладки. Зазор між його лезами і протирізальною пластиною має бути однаковим уздовж всієї довжини барабана і становити 0,5–0,8 мм. Величину зазору перевіряють щупом.

Ножі і протирізальні пластини вважаються придатними до роботи, якщо на лезах немає щербин, тріщин, задирок, а товщина різальної кромки леза не перевищує 0,5 мм. Якщо ж технічний стан ножів не задовольняє вказаним вимогам, їх потрібно заточити. Місце встановлення ножа маркують фарбою або крейдою, щоб після заточування його поставити на своє місце. Ножі заточують на наждачному камені з подальшим доведенням на вологому камені. Заточені леза ножів повинні мати товщину не більше 0,25 мм на всій різальній кромці. Різальна кромка ножа має бути рівною, а лінія її відповідати формі вигину ножа. Якщо механічним способом ніж виправити не вдається, його ремонтують ковальським способом. Потребу у заточуванні ножів оцінюють візуально. Через 10–20 заточувань ніж замінюють, а протирізальну пластину перевертають на інший бік. Зазор між лезом ножа і протирізальною пластиною (рис. 8.1б) для соломосилосорізок встановлюють у межах 0,5–1,0 мм, а для барабаних різальних апаратів силосозбиральних комбайнів, що мають велику довжину барабанів, – від 1,5 до 4,6 мм.

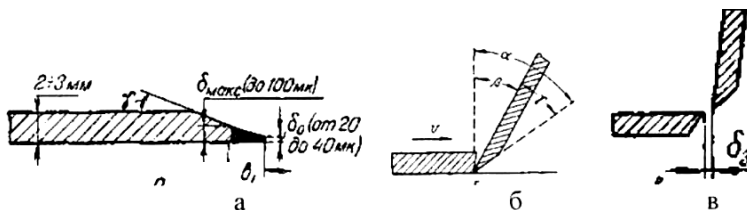


Рис. 8.1. До обґрунтування гостроти леза (а), кута заточування ножа (б) і величини зазору різальної пари (в)

Ремонт машин для приготування кормів передбачає відновлення різальних органів заточуванням на універсально заточувальному станку типу ТА-255 з використанням спеціальних пристроїв. Для компенсації значних зносів застосовують ковальське відтягування або наплавлення під шаром флюсу дротом Св-08. Доцільно також наплавляти шар твердого сплаву типу Сормайт № 1 для створення умови самозаточування (рис. 8.1).

У дробарках найінтенсивніше зношуються молотки (фрези), решета, колосникові деки, коромисла й інші елементи дробильного ротора, дробильної камери і вентилятора. Окрім природного зносу, спостерігаються поломки деталей у разі потрапляння в дробарку разом з продуктом металевих предметів або каменів, які призводять до тривалих зупинок машини. Перед пуском дробарки потрібно ретельно перевірити стан всіх її основних вузлів, привідних

пристроїв, надійність кріплення електродвигуна, редукторів, захисних кожухів, обгороджувальних. Особливо уважно оглядають дробильний ротор, решета, колосники, вентилятори. У дробильній камері має знаходитися решето, відповідне виду продукту, що переробляється, і необхідної величини помелу. Зазвичай зазор між кінцями молотків і декою (решетом) має бути в межах 2–6 мм. За малого зазору між молотками і декою відбувається інтенсивне руйнування частин продукту, що переробляється, внаслідок перетирання і ударного стискування. Це призводить до утворення великої кількості борошнистого пилу, а робочий процес супроводжується великими енерговитратами.

До найбільшого зносу схильні молотки, розташовані на краю ротора, де проходить «заклинювання» продукту між молотками і дробильною камерою. Схему зносу молотка показано на рис. 8.2. Зношені молотки повертають іншим боком, гострими кутами за напрямом удару. Після зносу всіх сторін молотки замінюють новими або відновленими, а зношені передають у ремонт. Молотки переставляють комплектами, кожен молоток і втулку розпору ставлять на своє місце. Різниця у вазі комплектів молотків, встановлених на протилежних осях, має не перевищувати 10 г. Термін служби молотків визначають в годинах чистої роботи і кількості переробленого продукту. Максимальна кількість продуктів, що переробляються одним комплектом молотків, становить приблизно 500–600 т, після чого молотки замінюють. При цьому середній знос молотків за вагою становить 6–6,5 г. Зношені молотки ремонтують, усуваючи овальність робочих кромek молотка. Решета перевертають на 180° незношеним боком отворів проти напрямку обертання ротора.

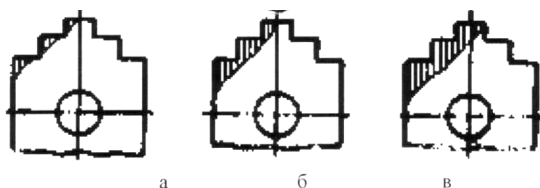


Рис. 8.2. Схема зносу молотка дробарки кормів:

а — межа зносу не дійшла до осі молотка — переставлення молотка передчасне; б — межа зносу дійшла до осі молотка — молоток слід переставити; в — межа зносу вийшла за вісь молотка — переставлення запізно

Водночас з молотками зношуються шарніри молотків внаслідок статичної і динамічної неурівноваженості ротора і молотків. Неурівноваженість дробильного ротора знижує довговічність вузлів машини, головним чином вальниць і валів. Тому дробильний ро-

тор потрібно балансувати в зборі із всіма деталями, але без молотків після кожного ремонту. До установаження молотків зібраний ротор може мати такий самий дисбаланс, як і ножові барабани подрібнювачів кормів.

Для статичного балансування дробильних роторів з шарнірними молотками на збалансований ротор установажують заздалегідь підібрані за вагою комплекти молотків з різницею у вазі комплектів 5 г для нових молотків і 10 г для вживаних. Для якісного подрібнення продукту молотки на дробильному роторі слід встановлювати за схемою заводської інструкції. Найчастіше їх розташовують в шаховому порядку з тим, щоб під час обертання у дробильного ротора не було неробочих зон, що допускають проскакування цілого продукту.

Після 400–500 год роботи робочий кут молотка зношується і втрачає працездатність. Молоток може працювати по чергово всіма чотирма кутами, якщо його вчасно переставити у міру зносу кожного кута для роботи іншим боком. Для цього передбачено два отвори. Ступінчаста форма молотка дозволяє збільшити поверхню в зоні найбільшого зносу і таким чином продовжити термін його служби в 1,5–2 рази. Гладкі решета мають переваги відносно міцності. Крім того, таке решето з циліндровими отворами, так само як і молоток, може працювати в чотирьох положеннях (двічі після зносу граней отворів його повертають навколо горизонтальної осі і двічі навколо вертикальної осі). Після двох переставлень решето прогинають в протилежний бік на спеціальних верстатах.

Майже всі дробарки кормів забезпечені запобіжними елементами для зупинки дробильних роторів за значного перевантаження або потрапляння сторонніх предметів. Як запобіжні елементи використовують муфти або шків з штифтами або пальцями, що зрізуються, при цьому жорстко з'єднують вал ротора з приводом. У разі потрапляння в дробарку металевго предмета або каменя палець або штифт зрізується, дробильний ротор зупиняється, а привідний шків починає працювати вхолосту. Проте дробильні ротори, що мають велику масу, під час обертання набувають великої інерції і не можуть зупинитися відразу. Тому для запобігання поломкам потрібно ретельно очищати продукт від сторонніх домішок.

У зубчастих запобіжних муфтах швидко зношуються зубчасті поверхні шайб. Шайби виготовляють із сталі 5 і гартують до твердості 27–45 HRC. Зубчасті шайби із зубцями, зношеними до висоти менше 5 мм, ремонтують висадкою в спеціальному пристосуванні на пневматичному молоті. Для цього нову зубчасту шайбу встановлюють в пристосування зубцями догори, а потім на неї кладуть зношену шайбу зубцями донизу, попередньо нагріту до температури

830–900°C, так, щоб зубці нової шайби збіглися із западинами зношеної шайби. Зверху на виступи зношеної шайби встановлюють облямовування. Притримуючи пристосування щипцями, ударами молота по торцю облямовування або під пресом висаджують зубці нагрітої шайби до повного профілю. Після цього у шайби зачищають задирки, потім нагрівають до температури 810–830°C і гартують у воді. Зношені зубці шайби можуть бути відновлені також наплавленням електродами. Перед наплавленням шайбу рекомендується підігріти до температури 600–650°C. Після наплавлення зубчасту шайбу нагрівають до температури 800°C, установлюють у пристосування, що складається з пуансона, матриці і виштовхувача, і ударами молота або пресом відновлюють первісну форму зуба. Після ремонту зубчаста поверхня шайби має бути чистою, вершини зубів мають лежати в одній площині. Допускається неплоскостність не більше 0,5 мм. Зубці однієї шайби за будь-якого положення мають щільно входити у впадини іншої шайби за їх поєднання. У фрикційних запобіжних муфтах зношуються накладки, які під час ремонту замінюють. Нові накладки приклепують до листів порожнистими мідними або латунними заклепками або приклеюють клеєм ВС-10Т за типовою технологією.

Під час складання машин контролюють зазори між робочими органами, оскільки за усунення деформацій і відновлення зварних швів можливі зміни у просторовому розміщенні окремих елементів машини.

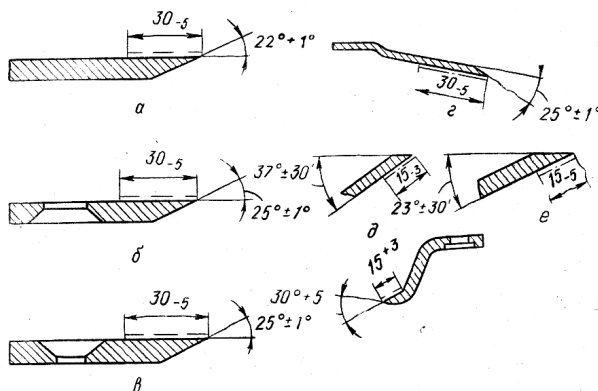


Рис. 8.3. Кути заточування і ширина наплавленого шару ножів у різних машин для подрібнення кормів:

а – універсальна кормодробарка; б, в – соломосилосорізка; г, д – подрібнювачі коренеплодів; е – агрегат для приготування кормів; ж –подрібнювач «Волгарь-5,0»

Обертальні частини машин після складання статично балансують. У складеному вигляді машини обкатують на холостому ході не менше 30 хв і під навантаженням 45–50 хв.

8.3. Ремонт обладнання для машинного доїння, первинної обробки і переробки молока

Перед ремонтом все обладнання для машинного доїння промивають і дезінфікують мийними розчинами синтетичних порошків Л, Б і В, сульфоналу, кальцинованої соди або засобів «Детергент», «Дезмол» чи «Тріас-1». Дезінфекцію виконують розчинами хлорного вапна, хлораміну або гідрохлориду кальцію.

Ремонт обладнання для машинного доїння. Основні несправності доїльних установок виникають у вакуумних насосів, вакуумпроводах, молокопроводах та доїльних апаратах.

Ремонт ротаційних вакуумних насосів. У доїльних установках використовують вакуумні насоси типу РВН40/350, УВБ 02.000 і ВЦ40/130. Під час експлуатації деталі насоса зношуються, як результат збільшуються зазори: радіальний (між циліндричною поверхнею ротора і робочою поверхнею корпусу у місцях найбільшого їх наближення), осьовий (між торцями ротора і лопаток та торцевими поверхнями накривок), а також між пазами ротора і лопатками. Збільшення зазорів призводить до зниження продуктивності насоса і вакууму. Вакуумні насоси відправляють у ремонт, якщо їх продуктивність знизилася на 25% від номінальної: (для УВБ.02.000 – до 0,75 м³/хв, для РВН40/350 і ВЦ40/130 – до 0,375 м³/хв).

Характеристика обладнання для розбирально-складальних робіт. Розбирання і складання насосів проводять на стендах типу 8731 (рис. 8.3). Стенд є зварною конструкцією 3, виконаною з рівнобічного кутника і обшитою жерстю. Зверху болтами кріпиться плита 4, на якій змонтовано упор 5, поворотний стіл 6 і гідроциліндр 12 марки Ц-75, який використовується для випресовування вала ротора вакуумних насосів РВН-40/350, ВЦ-40/130 і вала разом з вальниціями насоса УВБ 02.000, а також для зняття вальниць з вала. Решта устаткування (привідна станція 15, масляний бак 2, подільник трубопроводів 16, магнітний пускач, автоматичний вимикач і кнопковий пост управління 14) розміщені на бічній і передній стінках.

Упор 5 служить для випресовування вальниць з накривок насосів РВН-40/350 і ВЦ-40/130, приводиться у роботу за допомогою маховичка.

Привід гидронасоса вмикає електродвигун, напівмуфти і шестерінчастий насос. Всі агрегати і деталі приводу змонтовані на підставі в нижній частині столу.

На поворотному столі кріпляться вакуумні насоси. Насос УВБ 02.000 встановлюється на площадку з опорами, а насоси РВН-40/350 і ВЦ-40/130 – на стіл.

Стіл закріплений на валу, який може обертатися у втулці, запресованою в корпус, сполучений з плитою основного столу болтами. Через кожні 90° стіл фіксується за допомогою рукоятки, що забезпечує зручність розбирання насосів.

Масляний бак заправляється дизельним моторним маслом М-10В₂. Якщо натиснути на кнопку «Пуск» вмикається насос і гідро-система стенда заповнюється маслом.

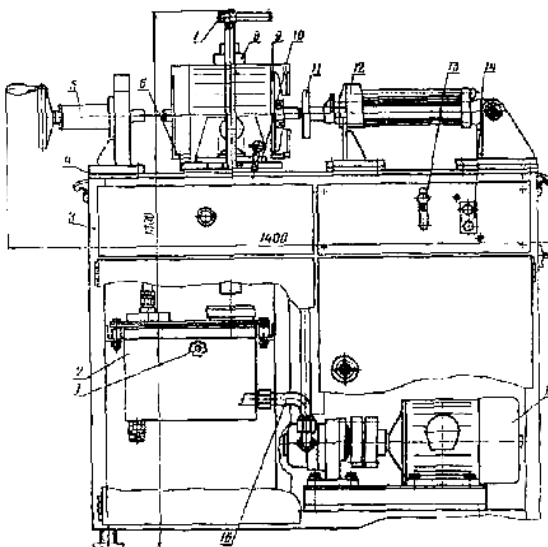


Рис. 8.4 Стенд 8731 для розбирання і складання ротаційних вакуумних насосів:

1 – маслопоказчик; 2 – масляний бак; 3 – основний стіл; 4 – плита; 5 – упор; 6 – поворотний стіл; 7 – гвинт; 8 і 11 – облямовування; 9 – шайба; 10 – компенсатор; 12 – гідроциліндр; 13 – рукоятка; 14 – кнопковий пост управління; 15 – привід гидронасоса; 16 – подільник трубопроводів

Перед розбиранням насосів на корпус і на одну з накривок, емаллю, наносять позначки для поєднання поверхонь під час збиральних робіт.

Ремонт деталей ротаційних вакуумних насосів. Тріщини, що не виходять на робочу поверхню і злам бобишок у корпусів і накривок вакуумних насосів відновлюються заварюванням або наплавленням дротом ПАНЧ-11 ТУ 48-21-593-85. Зношені робочі поверхні корпусів розточуються до виведення слідів зносу з подальшим хонінгуванням, але не більш $\varnothing 149\text{ мм}$ УВБ.02.000, $\varnothing 149,2$ - РВН40/350, ВЦ40/130.

Циліндричну поверхню ротора шліфують до виведення зносу і задирок, але не менш $\varnothing 122,5\text{ мм}$ – УВБ.02.000, $\varnothing 129,4$ - РВН40/350, ВЦ40/130.

При цьому зношені торцеві поверхні корпусу, ротора і лопаток обробляють до ремонтного розміру: (шліфуванням — у корпусу і ротора, фрезеруванням — у лопаток). Вибір ремонтного розміру проводиться після вимірювання зносу і неперпендикулярності торцевих поверхонь щодо осі робочої поверхні корпусу вакуумного насоса. Зношену робочу поверхню корпусу вакуумного насоса розточують з подальшим хонінгуванням або хонінгують алмазними брусками жорсткими хонами. Останній спосіб проводять за два прийоми. Спочатку попереднє хонінгування великозернистими брусками із зніманням припуску $0,15\text{--}0,35\text{ мм}$ (до виведення слідів зносу), після чого остаточне хонінгування дрібнозернистими алмазними брусками із зніманням припуску $0,002\text{--}0,04\text{ мм}$. При цьому збільшення діаметра робочої поверхні корпусу допускається до $149,2\text{ мм}$ — у насоса РВН 40/350.

Зношені посадочні місця вала ротора під вальниці, шків і ущільнення відновлюють наплавленням у середовищі вуглекислого газу з подальшою механічною обробкою.

У подальшому, намагаючись забезпечити нормальний зазор між ротором, який має зменшений діаметр, і корпусом, що має збільшений діаметр, ротор з накривками під час складання зміщують відносно корпусу шляхом фрезерування овальних отворів під болти в накривках корпусів з установленням штифтів ремонтного розміру або фіксації штифтів у розсвердлених отворах накривок заливанням бабіту.

Обкатування і випробування насосів. Після ремонту ці операції проводять на стенді 8719 на режимах, зазначених в табл. 8.1. Після обкатування визначається продуктивність насоса і граничний залишковий тиск (максимальний вакуум).

Температура деталей вакуумного насоса наприкінці обкатування має не перевищувати температуру навколишнього повітря більш ніж на $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 8.1

Параметри обкатування вакуумних насосів

Послідовність обкатування на режимах	Частота обертання ротора, хв. ⁻¹	Залишковий тиск кПа свідчення вакуумметра, кПа	Час обкатування, хв	Змащувально-охолоджувальна рідина
1	720	$\frac{48 \pm 2}{52 \pm 2}$	20	Водний розчин емульсола ЕТ-2
2	1430 $\pm$ 10	$\frac{11 \pm 2}{13 \pm 2}$	30	Водний розчин емульсола ЕТ-2
3	1430 $\pm$ 10	$\frac{48 \pm 2}{52 \pm 2}$	90	Мінеральна олива М-10В ₂ ГОСТ 8581

Водокільцеві вакуумні установки. Водокільцеві вакуумні установки (рис. 8.5) складаються з декількох вузлів: насоса 1; електродвигуна 2; ресивера 3, встановлених на рамі 4.



Рис. 8.5. Водокільцева вакуумна установка
1 – насос; 2 – електродвигун; 3 – ресивер; 4 – рама

Установки виготовляють у двох виконаннях: стаціонарне і пересувне.

Пересувні установки відрізняються від стаціонарних меншою продуктивністю, габаритними розмірами та наявністю деталей, потрібних для переміщення (колеса тощо).

На рис. 8.6 показано будову вакуумного насоса НВМ-60.

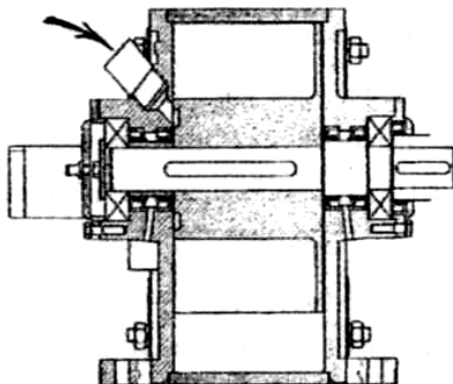


Рис. 8.6. Вакуумний насос НВМ-60:

1 – корпус; 2 – накривки; 3 – вал; 4 – ротор (крылатка);
5 – вальниці; 6 – сальники

Вал насоса, а відповідно і ротор, розташовані ексцентрично відносно внутрішньої порожнини корпусу, внаслідок чого створюється різниця тиску на всмоктуванні та вихлипі. Вал установлений на вальницях 5 (рис. 8.6) ущільнюється сальниками 6.

Внутрішня порожнина насоса заповнюється водою з визначеним за технічними умовами рівнем, від якого залежить ефективність роботи насоса.

Конструкцією насоса передбачається зазор між лопатями ротора (крыльчатки) та корпусу насоса в місці мінімальної його величини, що дорівнює $\delta=0,5$ мм.

Схему внутрішньої порожнини та основні параметри насоса показано на рис. 8.7.

Технічне обслуговування й ремонт насосів включає етап перевірки правильності їх установлення. У випадку некваліфікованого монтажу можливе відхилення осей електродвигуна і насоса, що спричинює нагрівання вальниць і передчасне зношування деталей. Збіг осей вала насоса і електродвигуна перевіряється лінійкою або пристосуванням. Під час перевірки лінійкою правильність монтажу підтверджує щільне прилягання лінійки з циліндричною поверх-

нею обох напівмуфт і однаковий зазор між муфтами у всіх точках окружності.

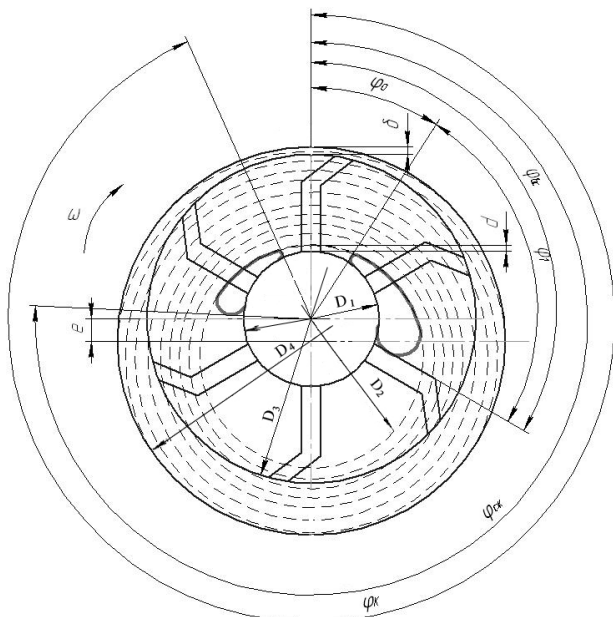


Рис. 8.7. Схема внутрішньої порожнини та основні параметри насоса:

δ – мінімальний зазор; D_1 – діаметр вала; D_2 – діаметр внутрішній водяного потоку; D_3 – діаметр крилатки; D_4 – діаметр внутрішній корпусу насоса; e – ексцентриситет; ϕ_0 – кут початку всмоктування; ϕ_1 – кут кінцевий всмоктування; $\phi_{вс}$ – кут максимального заповнення рідиною; $\phi_{ст}$ – кут стискування початку вихлопу; ϕ_k – кут кінцевий вихлипу; ω – напрямок руху водяного потоку

Водокільцеві насоси спроектовані так, що під час нагнітання разом з повітрям виносяться і частки рідини, що створюють додатковий опір. Ефективність експлуатації вакуумних насосів характеризує вільний вихлип повітря. Тому, внутрішні діаметри нагнітального трубопроводу і патрубку вакуумного насоса мають бути однакові. Діаметр всмоктувального трубопроводу має відповідати величині внутрішнього діаметра відповідного патрубка вакуумного насоса. На всмоктувальному трубопроводі має бути встановлений запірний вентиль, що запобігає під час зупинки вакуумного насоса викиду з нього води. Всі трубопроводи мають бути змонтовані так, щоб вони збігалися із фланцями вакуумного насоса без натягуван-

ня. Після приєднання трубопроводів варто переконатися, що вал вакуумного насоса вільно повертається.

Невиконання вказаних вимог призводить до появи задирок внутрішньої поверхні насоса, в разі його пуску за відсутності води або поломки ротора, через надмірні навантаження, за недостатнього або надлишкового заповнення насоса водою.

Відрегульована вакуумна установка має працювати спокійно, без поштовхів і вібрації. Нагрівання вальниць і сальників, корпусу насоса і виробничої рідини є ознакою зниження продуктивності агрегату.

Ремонт деталей водокільцевого насоса. У процесі експлуатації насоса зношується внутрішня поверхня корпусу, поверхні накривок, а також спряжені з ними поверхні крилатки.

Зношування виникає внаслідок появи осаду, який поступово накопичується на поверхнях деталей, потім відокремлюється і, потрапляючи у зазори, призводить до зносу.

Крім вказаних вище дефектів деталей насоса, зношуються поверхні посадочних місць під вальниці, з'єднувальні муфти, шків, шпонкові пази та поверхні тертя під сальники. Технологія відновлення вказаних поверхонь розглядалася у попередніх розділах.

Складання та випробування насоса. Під час складання насоса особливу увагу слід звертати на положення крилатки (ротора) на валу і відносно корпусу та накривок.

Положення крилатки (ротора) у корпусі насоса, що відповідає однаковому, по обидва боки крилатки, зазору, установлюється дистанційним (регульовальним) кільцем, що укладається між вальницею і крилаткою. При цьому величина зазору має бути в межах 0,1–0,2 мм.

Якщо під час ремонту змінилось положення вала і крилатки в корпусі або товщина прокладок між накривками та корпусом, тоді товщину дистанційного кільця слід визначити за величиною осьового люфту вала насоса.

Невідповідність товщині наявного дистанційного кільця з розрахунковою може бути усунена зміною товщини застосуванням додаткових прокладок з листової латуні.

На величину зазору впливає також товщина прокладок між корпусом і накривками.

Величина бокових зазорів має основний вплив на величину продуктивності насоса.

Способи досягнення потрібного, за технічних умов, зазору можуть відрізнятися. Це залежить від конструктивних особливостей насоса, що потрібно врахувати під час ремонту насоса.

На продуктивність роботи водокільцевого насоса впливає також збіг осей електродвигуна і насоса, яка встановлюється під час збиранні установки загалом. Збіг осей вала електродвигуна і насоса перевіряється лінійкою або пристроями (наприклад, індикатором часового типу на штативі).

Ремонт вакуум-проводів і молокопроводів виконують у разі порушення герметичності, яку визначають індикаторами КИ-4840. При цьому пошкоджені ділянки труб замінюють, тріщини і пошкодження зварних швів у трубах, корпусах, каркасах і накривках заварюють електрозварюванням. Відремонтовані вакуумні магістралі випробують на герметичність опресовуванням водою під тиском 0,15 МПа з подальшою перевіркою вакуумом. Молочні лінії перевіряють на герметичність за вакууму 56,5 кПа, який має не знижуватися протягом 5 хв більш як на 14,6 кПа.

Ремонт дойльних апаратів. Основними дефектами дойльних апаратів є втрата початкових властивостей соскової гуми дойльних стаканів, тріщини і пробійні дойльного відра і деформація бокової та торцевої поверхонь горловини відра.

Соскову гуму у випадку втрати пружності піддають відпочинку протягом місяця. За зусилля 60 Н довжина гуми має становити 155 ± 2 мм. Якщо вона більша, то гуму обрізають. Для одного дойльного апарата гуму підбирають однакової жорсткості. Тріщини і пробійні дойльного відра і на стакані заварюють газовим зварюванням, застосовуючи алюмінієвий присадний дріт і безлітєвий флюс, або напівавтоматичним зварюванням у середовищі аргону. Порушення геометричної форми поверхонь горловини відра усувають правлінням з подальшим зачищенням поверхні наждачною шкуркою. Складений дойльний апарат перевіряють у роботі під вакуумом, після чого дезінфікують.

Ремонт обладнання для первинної обробки молока. Характерними несправностями холодильних установок є втрата герметичності (протікання хладону і масла), забрудненість внутрішніх поверхонь трубопроводів і складаних одиниць, знос деталей компресора, порушення регулювань і поломка приборів автоматики. Протікання хладону виявляють галюїдними, спиртовими, пропановими, бензиновими лампами або полімерними індикаторами. Робота ламп ґрунтується на властивості хладону розкладатися за температури 600–700 °С з утворенням хлористого і фтористого водню, які у присутності розжареної міді фарбують полум'я у зелений колір, а якщо хладону багато, то полум'я має яскраво-блакитний колір.

Усунення негерметичності з'єднань виконують їх підтягуванням. За наявності негерметичності у місцях з'єднання мідних трубок із штуцерами, яка не усувається підтягуванням, їх від'єднують,

відрізають і розвальцьовують пристроями, які входять до комплекту ПТ-3099А (рис. 8.8).

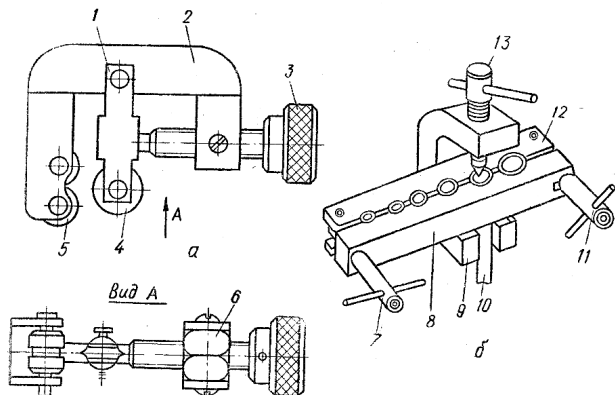


Рис. 8.8. Труборіз (а) і пристрій ПТ-265.10 для розвальцьовування трубок (б):

1 – повідок; 2 – корпус; 3 – гвинт; 4 – ролик; 5 – ніж; 6 – гайка; 7, 11, 13 – гвинти; 8, 12 – планки; 9 – скоба; 10 – розвальцьована трубка

Після усунення негерметичності із системи відпompовують хладон, випробують її тиском газу, вакуумують, під'єднуючи вакуумний насос, і витримують під тиском 0,5 МПа протягом 0,5 год та заправляють хладоном.

Ремонт компресора виконують за зниження холодопродуктивності на 20% і більше від номінальної або за його технічним станом. Визначення технічного стану і обкатування компресора проводять на спеціальному стенді.

У випадку зносу робочої поверхні циліндрів блока до 2 мм, її відновлюють електролітичним залізненням з подальшим пористим хромуванням і механічною обробкою до розміру за робочим креслеником.

У випадку появи раковин і зносу дзеркала циліндрів понад 2 мм циліндри відновлюють встановленням вставок з пружинної стрічки з подальшим хонінгуванням до розміру за робочим креслеником.

Шатунні шийки колінчастих валів шліфують до одного із стандартних ремонтних розмірів, а корінні наплавляють у середовищі вуглекислого газу з подальшим обробленням до розміру за робочими креслениками.

Нижню головку сталейних шатунів відновлюють її розточуваннями і заливанням бабітом марки Б83 або Б88 з подальшою механі-

чною обробкою. Зношені площини прилягання клапанів усувають притиранням за допомогою корундового порошку.

Складений компресор обкатують протягом 60 хв із застосуванням масла ХФ12-16 на повітрі без хладону за тиску не більше 0,2 МПа. Кожний обкатаний компресор перевіряють на об'ємну продуктивність і щільність всмоктувальних і папірних клапанів.

Ремонт обладнання для переробки молока. Характерними дефектами обладнання для переробки (на прикладі охолодника-очисника ОМ-1А) є: знос фрикційних накладок гумових кілець ущільнення накривки барабана і напірного пристрою у накривці молокоочисника вальниць і деталей черв'ячного передавача і муфти; задирки на конусній поверхні вертикального вала приводу; пошкодження шару полуди на корпусі барабана; деформація тарілок барабанів; руйнування прокладок; порушення балансування барабана.

Під час ремонту обладнання для переробки молока замінюють пошкоджені гумові кільця, пружини, вальниці і фрикційні накладки. Защільнювання відновлюють приклеюванням нової прокладки термопреновим клеєм. Деформацію тарілок барабана виправляють на конусній оправці. До ослабленого пакета тарілок додають 1–2 тарілки. Полуду на корпусі барабана обновлюють лудженням чистим харчовим оловом 01. Барабан балансують динамічно.

8.4. Ремонт транспортерів

У тваринництві для виконання різних механізованих робіт застосовують транспортери: скребкові, стрічкові, стрічково-ковшові, тросово-шайбові, канатні тощо.

Для всіх транспортерів загальним показником їх строку служби є довговічність деталей тягових органів (ланцюгів, тросів, стрічок тощо).

Деталі тягових органів періодично дотикаються до матеріалів, що транспортуються (корозійного середовища з домішками абразиву) і піддаються великим навантаженням. Наприклад, у пластинчастих скребкових транспортерах питомий тиск у шарнірах ланцюгів сягає 220 МПа.

Всі транспортери, які застосовують у тваринництві, мають великі габаритні розміри і нетранспортабельні, тому для їх ремонту потрібно використовувати агрегатний метод ремонту.

Несправності скребкових транспортерів мають досить схожий характер. Умови роботи, несправності транспортерів та технологію їх усунення можна розглянути на прикладі транспортера ТСН-160.

Ремонт устаткування для видалення екскрементів

Термін служби транспортерів для видалення екскрементів визначається довговічністю деталей тягових органів (ланцюгів, тросів, стрічок, зірочок та ін.), що викликане умовами їх роботи. Тварини, що знаходяться в приміщеннях, а також процеси заготівлі, що проводяться тут, переробки кормів і транспортування екскрементів створюють мікроклімат, що відрізняється від зовнішньої атмосфери підвищеним умістом різних газів і пилу, а також змінною вологістю і температурою повітря.

Деталі тягових органів періодично стикаються з матеріалами, що транспортуються — корозійним середовищем з домішками абразиву і зазнають великих навантажень, що спричиняють значний тиск у деталях. Такі умови у поєднанні з малими швидкостями ковзання (не вище 0,1 м/с) несприятливі для роботи спряження планка — вісь ланцюга і призводять до швидкого їх зносу. Ланцюг горизонтального транспортера має бути натягнутим до норми. Погано натягнутий ланцюг зіскакує із зірочок, що призводить до поломок транспортера. Натягнення ланцюга транспортера, наприклад, ТСН-3,0Б перевіряють на вільній гілці на відстані 4-6 метрів від натягувача, заздалегідь очистивши на цій ділянці канал від екскрементів. Правильно натягнутий горизонтальний ланцюг під час натиснення на кінець скребка в горизонтальному напрямі із зусиллям 200Н відходить від своєї осі не більше ніж на 40-50 мм (рис. 8.9).

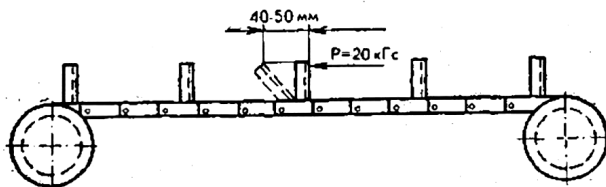


Рис. 8.9. Схема перевірки натягнення тягового ланцюга транспортера ТСН-3,0Б

Можливі несправності скребкового транспортера ТСН -160 їх причини і способи усунення наведено в табл. 8.2.

За потреби тяговий ланцюг укорочують, вирізаючи три ланки з подальшим з'єднанням кінців ланцюга за допомогою сполучної ланки, в якій вирізана ділянка з одного боку. Після з'єднання ланцюга вставку (вирізана ділянка ланки) ставлять у проріз сполучної ланки і приварюють електродуговим зварюванням. Використання гідравлічного приладу (рис. 8.10а) скорочує час перевірки і регулювання натягнення ланцюгів, дозволяє підтримувати величину натягу в допустимих межах. Прилад являє собою важелі (7) пристрою,

одні кінці важелів якого є вільними, інші — з'єднані з гідроциліндром двобічної дії (5). На гідроциліндрі встановлено манометр (1), масляний бачок (4) і ручний насос (8), які за допомогою системи маслопроводів (2), перепускних вентилів (3), зворотних клапанів (6) з'єднані з порожниною гідроциліндра.

Таблиця 8.2

Можливі несправності скребкового транспортера ТСН - 160, їхні причини і способи усунення

Несправність	Причина	Спосіб усунення
Холоста частина ланцюга рухається ривками	Недостатньо натягнутий ланцюг	Натягнути ланцюг
Обірвався ланцюг горизонтального транспортера	Переобтяжений транспортер, недостатньо натягнутий ланцюг	Скріпляти ланцюг за допомогою сполучної ланки. Після цього натягнути ланцюг
Зіскакує ланцюг похилого транспортера з нижньої зірочки	Недостатньо натягнутий ланцюг. Ланцюг з скребками примерзає до корита (у зимовий період, мінусова температура)	Натягнути ланцюг. Очистити жолоб і скребки від залишків екскрементів
Відгинаються і навіть ламаються скребки горизонтального транспортера	Скребки зачіпають за стінки жолоба або його нерівну підлогу, потрапили сторонні предмети, несправне пристосування для підймання скребків	Усунути дефекти екскрементного жолоба
Електродвигун включається, але ланцюг не рухається	Недостатнє натягнення клинових ременів при відної станції	Зняти щиток і натягнути ремені

Ділянку ланцюга з 3–8 ланок захвачують кінцями вільних важелів, потім ручним насосом нагнітають в штокову порожнину гідроциліндра масло, під дією якого шток втягується в циліндр і послаблює захоплену важелями ділянку ланцюга. У момент цього ослаблення, коли зусилля натягу ланцюга сприймається приладом, за манометром фіксують тиск в лівій порожнині гідроциліндра, який після його перекладу в одиниці сили характеризує дійсний натяг ланцюга, що перевіряється. Після знаходження дійсного натягу ланцюга визначають за графіком (рис. 8.10б) величину, на яку треба натягнути ланцюг.

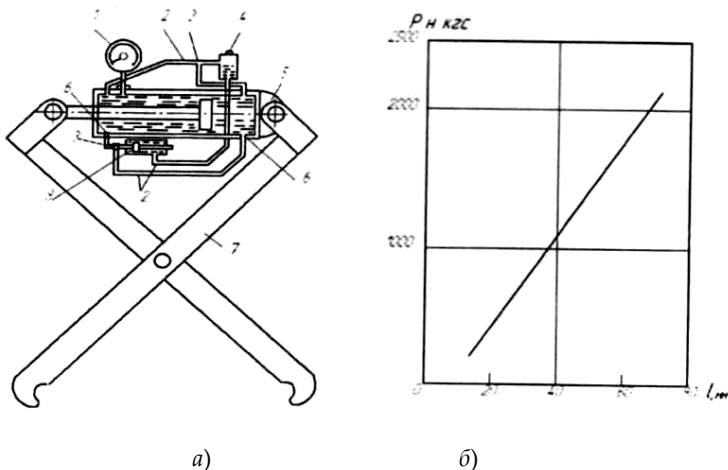


Рис. 8.10. Пристосування для натягу тягових ланцюгів:
 а – гідравлічне (1 – манометр; 2 – маслопроводи; 3 – вентилі перепускні; 4 – бачок масляний; 5 – гідроциліндр; 6 – клапани зворотні; 7 – важелі пристрою; 8 – насос ручний); б – графік для визначення потреби натягу ланцюга

Вузли пластинчастих транспортерів для видалення екскрементів ремонтують на спеціалізованих ділянках майстерень або станцій технічного обслуговування. Вузли і деталі транспортера, що поступили в ремонт, підлягають очищенню і миттю. Очищення ділянок ланцюга проводять в галтувальних барабанах промислового типу, наприклад ОРК-44. Запропоновано декілька конструкцій галтувальних барабанів, робочий орган яких (бункер круглого або шестигранного перетину) обертається електродвигуном за допомогою редуктора черв'ячного типу.

З метою прискорення процесу і поліпшення якості очищення в бункер рекомендується засипати до 10 кг металевої стружки, а під час очищення вологих ділянок ланцюга — підсушувати їх безпосередньо в бункері за допомогою спеціального пальника. Вузли і деталі мийуть в мийних машинах періодичної дії або в конвеєрних машинах безперервної дії.

Розбирання вузлів проводять у такій послідовності. Важкороз'ємне з'єднання ділянок ланцюга розбирають із застосуванням газополуменевого різання або зрізають болти на пресах за допомогою спеціальних пристосувань. Дефектують деталі на спеціальному робочому місці, розташованому поряд з розбірно-мийним обладнанням. Під час ремонту скребкових транспортерів відновлюють крок ланцюга. Зі всіх способів ремонту ланцюгів найбільш економічний і техно-

логічно вигідний той, за якого планки відновлюють обтисканням (пластичним деформуванням) в нагрітому стані, а зношені сполучні осі замінюють новими.

Перевага такого способу ремонту полягає в тому, що відновлення основних розмірів планок за рахунок пластичного деформування і перерозподілу металу досягається за одну технологічну операцію. Крім того, в цьому випадку розміри і форма отворів планок, а також міжцентрова відстань між ними відновлюються до номінальних розмірів, що забезпечує взаємозамінюваність планок, які відновлюються і нових.

Для обтиску планок застосовують стенд типу 8804. Основна відмінна особливість стенда полягає в тому, що відновлення планок на ньому досягається обтисканням їх кінців, нагрітих струмами високої частоти (СВЧ) до температури 850–900 °С, як з торців, так і за рахунок бокового обтиску в штампі відкритої форми. Застосування індукційного нагріву за відновлення планок значно підвищує продуктивність праці і культуру виробництва, різко знижує вигорання вуглецю і утворення окалини на поверхні планок. Стенд (рис. 8.11) складається із зварного каркаса і змонтованих на ньому гідроциліндрів Ц-90 і Ц-75, два напірних золотника із зворотними клапанами типу ПВГ 66-14 і насосної станції з насосом НШ-32, привід якої здійснюється від електродвигуна АТ-2-51-4 потужністю 10 кВт. Робочим і холостим ходом циліндрів керують однією рукояткою від гідророзподільника Р-75. Робочий тиск у гідросистемі стенда регулюється за допомогою напірних золотників і регульовального пристрою гідророзподільника і встановлюється в межах 7,5...8 МПа. Штоки циліндрів (бічного і торцевого обтиску) за допомогою важелів з'єднані з формоутворювальними частинами штампа, шток верхнього циліндра з'єднаний з робочими частинами штампа безпосередньо. Стенд обслуговує один робітник. Продуктивність стенда — 30 планок за годину, габаритні розміри — 800×1080×1500 мм.

Для відновлення форми і розмірів отворів у планках, а також міжцентрової відстані між ними використовують спеціальний штамп з механізмом видалення відновлених деталей (рис. 8.11). Штамп кріпиться до плити стенда чотирма болтами. Верхня плита (7) за допомогою хвостовика (9) з'єднується з штоком верхнього циліндра і з закріпленими на ній пуансонами (4) і (5), рухається вертикально за напрямними колонками (2). Нагріту в спеціальному індукторі високочастотної установки планку кладуть на фіксатори (3), які жорстко закріплені в матриці. Під час руху штока верхнього циліндра донизу калібрувальні пуансони (4) і (5) входять в отвори планки і матриці.

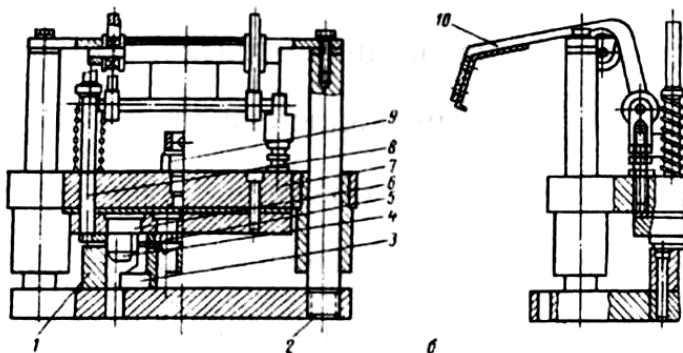
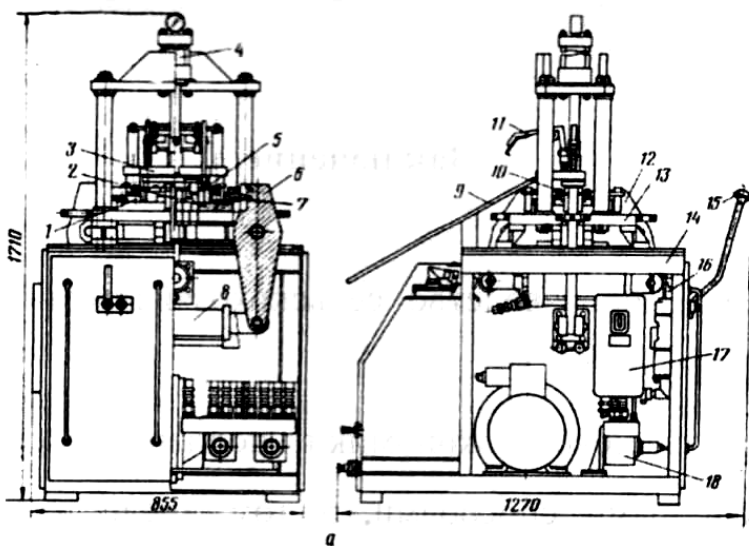


Рис. 8.11. Стенд для відновлення планок ланцюга:

a — схема стенда: 1 — напрямна; 2 — матриця; 5 — штамп; 4 — гідроциліндр бічного обтиску; 5, 10 — пуансони; 6 — механізм торцевого обтиску; 7 — каретка; 8 — гідроциліндр торцевого обтиску; 9 — лоток; 11 — знімач; 12 — механізм бічного обтиску; 13 — опорна плита; 14 — каркас; 15 — рукоятка; 16 — кнопкова станція; 17 — електропривод; 18 — гідропривід; *б* — штамп з механізмом видалення відновлених планок: 1 — матриця; 2 — колонка; 3 — фіксатор; 4 — калібрувальний пуансон; 5 — пуансон перегину упору; 6 — притиск-знімач; 7 — верхня плита; 8 — штовхач; 9 — хвостовик; 10 — викидач

Водночас з цим притискається планка до матриці і перегинається монтажний упор планки пуансоном (5). Надалі проводиться бічне і торцеве обтискання планки. За рахунок перерозподілу металу забезпечується відновлення зношених отворів планок до номінальних розмірів.

Під час розкриття штампа рухом штока вгору важіль-викидач (10) підводиться під верхню частину штампа, а відновлена планка за допомогою штовхачів (8) і притиску-знімача (6) знімається з калібрувальних пуансонів (4) і падає на викидач (10). Під час опускання верхньої частини штампу для наступного циклу викидач (10) з планкою, що знаходиться на ній, виводиться з порожнини штампа; планка скидається в похилий лоток і ним надходить в накопичувальну тару. Нагрів відновлюваних планок рекомендується проводити на високочастотній установці з ламповим генератором типу ВЧИ-2-100/0066. Вона забезпечує нагрів такої кількості деталей, яка потрібна для безперебійної роботи двох стендів типу 8804. У спеціальному індукторі до встановлення можна одночасно нагрівати від двох до чотирьох планок за 6–7 с до температури 850–900 °С.

Відновлені планки зміцнюють. Найбільш поширений спосіб зміцнення — термічна обробка (гартування у воді з подальшим відпуском). Під час використання для гартування струмів високої частоти планки поміщають у спеціальний індуктор високочастотної установки, в якому нагрівається лише робоча зона деталі (на довжині до 25 мм від торців планки), що виключає короблення поверхонь і утворення тріщин. Загартовані планки ланцюгів піддають відпуску. Температура відпуску вибрана $390 \pm 10^\circ\text{C}$ з урахуванням необхідних механічних властивостей планок, що відповідають умовам їх роботи. Отримана після відпуску структура сталі має достатню зносостійкість під час роботи спряження з великим питомим тиском і малими швидкостями ковзання і підвищеною пластичністю, що виключає поломку планки у разі дії на неї згинальних і ударних навантажень. Відпуск планок рекомендується проводити в стандартних печах конвеєрного типу, наприклад СКЗ-04.30.01/7.

Під час ремонту скоб і скребків ланцюга правлять деталі, заварюють зношені і свердлять нові отвори кріплення, приварюють додаткові деталі (накладки) на зношені поверхні. Для цих цілей рекомендується застосовувати пристосування, що підвищують якість ремонту і продуктивність праці робітників. Зігнуті і скручені скребки правлять на пресі без нагріву. Для правлення застосовують спеціальний штамп.

Зношену поверхню п'яти скоби відновлюють методом приварювання додаткової деталі (накладки), виготовленої за формою поверхні скоби з пластини розміром 50×55×5 мм. Знос отвору кріп-

лення в скребках і скобах заварюють електрозварюванням і просвердлюють нові отвори номінального розміру за допомогою кондукторів, які рекомендуються застосовувати і для свердління отворів у нових шкребах і скобах, виготовлених замість вибракуваних.

Сполучні осі ланцюгів, зазвичай, не відновлюють, а замінюють новими, виготовленими з каліброваного прокату різними способами: механічним — на револьверних шестишпиндельних напівавтоматах, накатуванням — на прокатних станах. Деталі редукторів, важкого і поворотного пристроїв ремонтують за загальноприйнятими технологіями.

Ремонт канатних транспортерів. Основним параметром, який визначає момент вибракування канатних транспортерів, є знос або корозія понад 60% від початкового діаметра дротин канату або обрив трьох пасм на одному кроці сукання. Деталі канатних транспортерів, як правило, не ремонтують, а замінюють новими.

Ремонт стрічкових транспортерів. У стрічкових ковшових транспортерах основними дефектами є випуклості, зрив гуми, обрив ниток і розшарування. За наявності вказаних дефектів по всій довжині пас вибраковують, а на окремих ділянках — ремонтують заміною дефектної частини. У цьому випадку не має бути більше трьох з'єднань по всій довжині паса.

Ремонт шнекових транспортерів. У шнекових транспортерах шнеки замінюють і ремонтують у разі виявлення згинів і зламів валів, деформації витків і спіралі, руйнування зварних швів.

Операції з ремонту шнеків виконують на окремих верстатах або підставках, які дозволяють виконувати рихтувальні і зварні роботи.

Типові вузли і деталі транспортерів ремонтують за технологією відповідних типових деталей (див. розділ 4).

Після складання транспортер випробують вручну. Обкатують його протягом 0,5 год на холостому ходу, прослуховуючи роботу всіх вузлів, і 1 год під навантаженням, упевнюючись у відсутності втрат матеріалів, що транспортуються.

8.5. Ремонт обладнання вівцеферм

Найтрудомісткішою операцією на вівцефермах є стрижка овець її виконують стригальними машинами, які можуть мати такі дефекти: знос ножа і гребінки різального апарата, підп'ятника і паза важеля, шийки ексцентрика і ролика, шийки передавального вала і втулки внутрішнього і зовнішніх кожухів, привідних шестерень, упорного стрижня і підп'ятника, деформація важеля, а у машинок з механічним приводом — пошкодження осердя і панцира привідного вала.

Деталі розібраної стригальної машинки промивають у гасі або в 5% содовому розчині з подальшим протиранням насухо.

Ніж і гребінку з тріщинами замінюють новими. Затуплені гребінку і ніж загострюють на гострильних апаратах типу ТА-1, попередньо усунувши торцеве биття диска гострильного апарата (не більше 0,3мм) і спотворення його геометричної форми. Указані дефекти диска усувають проточуванням. Після гострення різальні кромки ножа і гребінки не повинні мати задирок, просвіт між робочою поверхнею і лекальною лінійкою – не перевищувати 0,05 мм. Загострені кінці лез гребінки затуплюють на наждачному камені.

Зношений паз важеля розвірчують під ремонтний розмір. Деформований важіль правлять за шаблоном. Зношені вусики натискних лапок видаляють з наступним встановленням і кріпленням зварюванням нових. Перекіс кріплення гребінки понад 0,01 мм усувають шліфуванням. Зношені палець і ролик кривошипа замінюють новими.

Пошкоджені місця панцира гнучкого вала відрізають, надіваючи на пошкоджене місце трубку і припаюючи її до панцира. Обірвані кінці осердя проपाюють на довжину 30-35 мм, а потім з'єднують розрізною мідною втулкою, обтискають і припаюють до неї.

Механізми відремонтованих машинок мають рухатися плавно, без заїдань і стуків. Різальні кромки сегментів ножа у крайніх мертвих точках не мають виходити за межі гребінки. Поздовжній люфт передатного валика і валика ексцентрика допускається не більше 0,4 мм.

8.6. Ремонт обладнання птахоферм та інкубаторів

Обладнання птахоферм та інкубаторів у період експлуатації не рідше одного разу на рік піддають діагностичному контролю з метою визначення (оцінювання) його технічного стану. Діагностування виконують на місці його встановлення із застосуванням спеціалізованої ремонтно-діагностичної майстерні. При цьому контролюють натяг і стан пасів і ланцюгів, герметичність лінії роздавання кормів і водопроводу та інші робочі процеси.

Ремонтують обладнання у дні планових зупинок у профілактичні періоди відповідно до графіків і норм тривалості ремонтного циклу та ремонтних періодів для кожного виду птахівничого обладнання.

Найкращим методом ремонту обладнання птахоферм та інкубаторів є агрегатний, за яким несправні вузли замінюють новими

або попередньо відремонтованими. У випадку відсутності обмінного фонду ремонт обладнання проводять індивідуальним методом.

Ремонт лінії гнізд. Під час ремонту лінії гнізд виконують такі операції: часткове розбирання і складання гнізд з метою заміни дефектних деталей; правлення деформованих ділянок мережі; заварювання тріщин і розрив зварювальних з'єднань тощо.

Розбирають лінію гнізд у випадку заміни деталей, які не підлягають відновленню.

Ремонт системи водозабезпечення. У системі водозабезпечення основними несправностями є: підтікання води у з'єднаннях, пробієні днища напувалок, порушення роботи запірного вентиля і водорегулювального бачка.

Мікрочашкові напувалки, з'єднувальні елементи (кільця, шланги, муфти), водовідні труби, ущільнення з дефектами не ремонтують, а замінюють новими.

Порушення роботи запірного вентиля зазвичай виникає у випадку руйнування ущільнень, появи значних відкладень на золотнику чи шпинделі або зривання нарізі шпинделя. Відкладання солей на деталях запірного вентиля видаляють хімічним або механічним способом. Механічний спосіб трудомісткий, але більш технологічний.

Шпиндель запірного вентиля вибраковують у разі зривання більше однієї нитки нарізі.

Основними дефектами водорегулювального бачка є засмічення клапана поплавкового механізму, прориви, пробієні сітки фільтра, пошкодження поплавка.

Засмічений отвір корпусу прочищають м'яким дротом і промивають. Деталі водорегулювального бачка, які мають пошкодження, ремонту не підлягають, їх замінюють новими.

Ремонт механізму яйцезбирання, лінії завантаження і роздавання кормів. У вузлах механізму яйцезбирання і лінії завантаження та роздавання кормів є такі несправності: вм'ятини, короблення і розриви тонкостінних поверхонь, руйнування зварних швів. Вм'ятини і короблення усувають рихтуванням за допомогою спеціальних надставок і молотків. Дефектні поверхні, які не піддаються рихтуванню, ремонтують установленням латок або вставок (рис. 8.12).

Ремонт інкубаторів виконують у випадку з'явлення перекосів каркаса термостатної коробки, порушення температурного режиму і вологості повітря.

Ремонт вентиляційно-опалювальних систем інкубаторів подібний ремонту вузлів вентиляторів загального призначення, теплогенераторів, котлів-перетворювачів.

Відремонтване обладнання обкатують, дезінфікують і фарбують. Спочатку роботу системи контролюють провертанням вручну за привідні механізми. Потім перевіряють надійність спрацювання кінцевих вимикачів і блоків вимикачів ланцюга. Короточасним вмиканням електродвигунів впевнюються в правильному їх фазуванні, обкатують систему протягом 1 год без навантаження, а потім перевіряють під навантаженням.

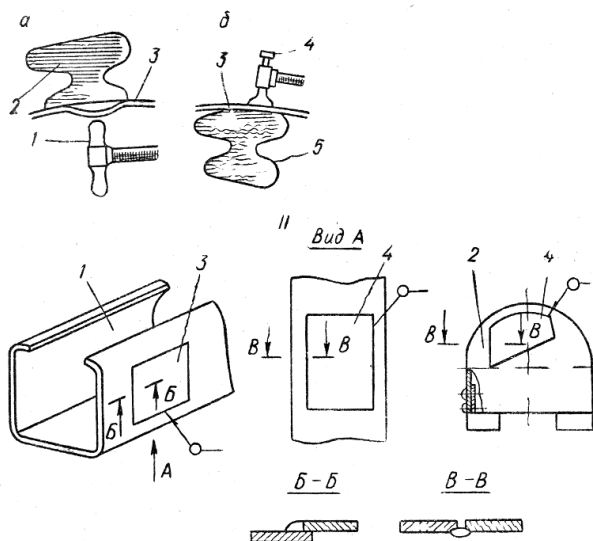


Рис. 8.12. Схеми усунення несправностей у тонкостінних деталях:

I – вм'ятин виколоткою (а) і рихтуванням (б);
 1, 4 – молотки; 2, 5 – підтримки; 3 – деталь; II – наскрізних отворів у жолобі; 1 – жолоб; 2 – корпус поворотної станції; 3, 4 – вставки

Після перевірки і налагодження обладнання дезінфікують 3% гарячим розчином формаліну за допомогою спеціальної установки типу ДУК-1. Через 24 год виконують аерозольну дезінфекцію формаліном, потім фарбують емаллю ПФ-133.

8.7. Ремонт водопровідного та водонапірного обладнання, водонапірних баків і башт

Несправності водопровідного обладнання, баків і башт, а також незначні дефекти водонапірного обладнання усувають на місцях їх встановлення.

Капітальний ремонт водонапірного обладнання, автоматики, трубопроводної арматури, водозабірних пристроїв виконують на ремонтних підприємствах або в майстернях господарств. При цьому найдодільніший метод ремонту – агрегатний.

Ремонт водопровідного обладнання. Водопровідне обладнання, як правило, ремонтують у випадку появи негерметичності внаслідок розриву зварних швів і з'єднань, тріщин і наскрізних проржавлень у сталевих трубах, пошкодження стиків чавунних, азбоцементних, поліетиленових та інших труб, несправності водозапірної арматури.

Незначні пошкодження сталевих трубопроводів усувають ручним зварюванням, установленням хомутів і накладок. Дефекти із значними розмірами усувають заміною ділянки трубопроводу.

У випадку заміни пошкодженої частини трубопроводу окремі частини з'єднують за допомогою фланців або зварюванням.

Фланцеве з'єднання трудомісткіше, але зручне при капітальному ремонті трубопроводів. Зварні з'єднання труб дешевші і майже не потребують підготовчих операцій.

Відремонтовані трубопроводи випробовують на окремих ділянках (800–1000 м), створюючи тиск, який перевищує робочий на 0,5 МПа у чавунних трубах, у сталевих – на 1 МПа, в азбоцементних та інших – на 0,3 МПа,

Після випробування водопровідну мережу дезінфікують 0,1–0,2% розчином хлорного вапна і промивають водою до видалення запахів.

Ремонт водозапірної арматури. У водозапірній арматурі у процесі експлуатації можуть виникнути такі дефекти: тріщини і знос рухомих частин, зрив нарізки, знос і пошкодження сальникових ущільнень і ущільнюваних поверхонь. Сальники і сальникові ущільнення, як правило, замінюють, решту дефектів усувають за технологією, розглянутою у розділі 3.

Ремонт агрегатів і насосів водозабезпечення. У тваринництві для водозабезпечення використовують електронасосні відцентрові свердловинні агрегати і відцентрові консольні насоси для води типу К і КМ.

У випадку зниження подачі води на 25%, виходу із ладу обмотки електродвигуна, осьового зазору, який перевищує допустимий, агрегат і насоси ремонтують.

Загальна схема ремонту може бути складена подібно схемі ремонту будь-яких агрегатів і вузлів машин: зовнішнє очищення, розбирання, миття тощо.

Особливістю ремонту агрегатів і насосів для водозабезпечення є підвищений обсяг очисних робіт з видалення іржі травленням ро-

зчинами сірчаної кислоти концентрацією до 200 г/л або пастами. Для сповільнення реакції металу з кислотою у розчин додають (до 5 г/л) інгібітори (етиленамін, тіогліколь тощо).

Під час дефектації деталей насосів застосовують стандартний інструмент і прилади.

До основних дефектів деталей насосів належать знос сальників і сальникових ущільнень, тріщини корпусних деталей, знос посадочних поверхонь, шпонкових пазів, знос або зривання нарізки, згин валів.

Сальникові ущільнення і деталі, виготовлені з полімерних матеріалів, не відновлюють, а замінюють.

Дефекти деталей, перераховані вище, усувають за технологією, розглянутою у розділах 3 і 4.

Для складання агрегатів і насосів використовують спеціальні стенди і верстати, які забезпечують центрування електродвигуна з насосом. Насос до з'єднання з електродвигуном перевіряють на герметичність.

Складений насос з електродвигуном обкатують і випробовують (рис. 8.13) не менше 30хв у номінальному режимі.

Під час випробування перевіряють напір і подачу в робочій області (не менше, як у трьох точках: мінімальній, номінальній і максимальній).

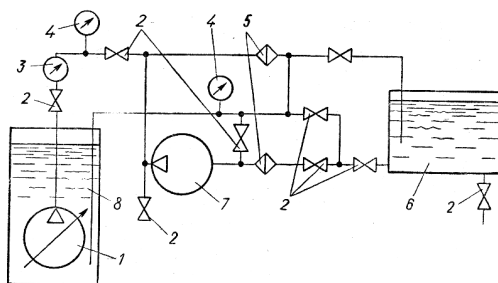


Рис.8.13. Принципова схема стенда для обкатування і випробування агрегатів:

1 – агрегат; 2 – вентиля; 3 – витратомір; 4 – манометри; 5 – фільтри;
6 – мірний бак; 7 – насос; 8 – посудина для встановлення агрегату

Подачу розраховують за формулою:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (8.1)$$

де V – об'єм води, яку перекачують у мірний бак, м³;
 t – час заповнення мірного бака, год.

Ремонт водонапірних баків і башт. Водонапірні баки і башти виготовляють з металу. Вони являють собою зварні з'єднання. У процесі експлуатації в баках і баштах можуть руйнуватися зварні шви, з'являтися тріщини, випуклості, корозійні руйнування, пробойні.

Невеликі наскрізні корозійні руйнування усувають установленням накладок або заміною ділянки новою. При цьому, як і для заварювання тріщин та зварних швів, застосовують електродугове зварювання постійним струмом і електродами підвищеної якості.

Пробойні ремонтують установленням накладок на заклепках.

Випуклості для запобігання наклепу, правлять, нагріваючи їх газовим полум'ям до світло-чорного кольору.

Після ремонту бак піддають гідравлічним випробуванням, дезінфекції 0,1–0,2% розчином хлорного вапна, промиванню, фарбуванню зовні свинцевим суриком у два шари.

8.8. Ремонт систем каналізації, вентиляції і опалення

Під час експлуатації систем каналізації, вентиляції і опалення можуть виникати випадкові та раптові відкази, а також несправності від зносу, старіння і корозії. Випадкові і раптові відкази і несправності усувають відразу ж після їх появи, решту – періодично у плановому порядку залежно від технічного стану обладнання і часу використання.

Ремонт системи каналізації. Технологічний процес ремонту передбачає промивання трапів, каналізаційних і колекторних труб, очищення сифонів, санітарних приладів і вентиляційних стояків від бруду і нашарувань, заміну пошкоджених фасонних частин і різних з'єднань, усунення пошкоджених труб з подальшою перевіркою їх герметичності, відновлення порушених стикових з'єднань. Систему каналізації промивають водопровідною водою до повного видалення осаду в трубах і арматурі під напором 0,03 МПа, і після чого візуально перевіряють лінійність каналізаційних труб на ділянці між оглядовими колодязями.

Порушені стикові з'єднання розтрубів чавунних труб ремонтують шляхом вирубання ущільнення з подальшим зароблюванням стику. Тріщини і свищі у чавунних трубах заварюють електрозварюванням. Крім того, тріщини у чавунних трубах і фасонних частинах, сифонах і санітарних приладах заробляють сполуками на основі епоксидних смол. Пошкоджені керамічні і азбоцементні труби замінюють новими.

Ремонт системи вентиляції. Технологічний процес ремонту передбачає очищення від пилу та бруду обладнання вентиляційної камери і повітроводу, перевірку надійності кріплення і технічного

стану електродвигунів, вентиляторів і калориферів, усунення нещільностей у з'єднаннях повітроводу і заміну фасонних частин та ділянок вентиляційних труб, пошкоджених корозією і сильно деформованих.

Пошкоджені складні деталі повітроводів замінюють новими, виготовленими у спеціалізованих майстернях. Прості секції повітроводів виготовляють з оцинкованого заліза на місці їх експлуатації за шаблонами. Потім їх ґрунтують і фарбують стійкою проти кислоти фарбою.

Ремонт вентиляторів і калориферів виконують за загальноприйнятою технологією.

Ремонт системи опалення виконують у випадку просочування повітря і пари в паротрубопроводах, нагрівальних приладах, конденсаційних пристроях і дефектів запірної арматури. Дефекти виявляють зовнішнім оглядом і гідравлічним випробуванням під тиском води 0,2 МПа.

Нещільності у з'єднаннях труб, нагрівальних приладах і запірній, регульовальній арматурі усувають заміною ущільнювачів. За допомогою газового або електродугового зварювання усувають дефекти трубопроводів котельних, паропроводів і батарей із гладеньких труб (регістрів). Несправні нагрівні прилади замінюють новими. Замінюючи реєстри, не слід змінювати проектне положення установок. Під час ремонту системи опалення перевіряють стан компенсаторів і працездатність коткових і ковзних опор паропроводів. Крім того, паропровід повинен мати нахил у бік руху пари, не мати порушень лінійності, що дозволяє уникнути нагромадження бруду конденсату і гідродинамічних ударів.

Ремонт теплогенераторів зазвичай виконують на місці встановлення. Якщо це неможливо, то агрегати і вузли здають у капітальний ремонт на спеціалізоване підприємство.

Нагар з електродів видаляють і встановлюють номінальний зазор 3–3,5 мм. Проводи з пошкодженою ізоляцією і несправні свічки замінюють, у випадку відказу електромагніту перевіряють електропроводку. Паливна система теплогенераторів може мати вм'ятини і згини паливопроводів, тріщини у з'єднаннях, втрату пружності пружин клапанів, знос шестерень паливного насоса, тріщини і обломи кріплення паливного насоса, закоксування соплових отворів розпилювача і нагар на форсунці.

Паливопроводи промивають і продувають стиснутим повітрям, перевіряючи герметичність у ванні з водою. Пошкоджені місця зварюють латунню, газовим зварюванням. Переламаний паливопровід відновлюють з'єднувальною муфтою. Зношені кінці паливопроводу обрізають і розвальцьовують.

Пошкоджені і зношені деталі паливного насоса замінюють. Насос після ремонту випробовують на спеціальному стенді. Клапани (редукційний, перепускний і відсічний) випробовують на тиск спрацювання.

Сліди бруду і нагару на форсунці не допускаються. Закорсовані соплові отвори розпилювача прочищають голкою. Кут розпилю палива має становити $75\text{--}85^\circ$ за тиску 1,6 МПа.

Тріщини і раковини у корпусі форсунки заварюють електрозварюванням.

Корпус, теплообмінник, вентилятор, робоче колесо і завихрювач теплогенератора можуть мати тріщини у зварних швах, вм'ятини, послаблення заклепочних з'єднань, погнутість, знос або зривання нарізки. Їх усувають типовими технологічними способами (розділ 3). Робочі колеса вентиляторів після ремонту статично балансують (дисбаланс не більше 0,006 Н·м) і випробовують на міцність за частоти обертання 1650 хв протягом 15 хв.

Відремонтовані і складені теплогенератори обкатують протягом 20 хв з одночасним регулюванням повітропродуктивності і тиску палива у режимі «Малий вогонь» і «Великий вогонь».

8.9. Ремонт обладнання для отримання гарячої води і пари

На тваринницьких фермах застосовують котли типу КВ, «Універсал», «Енергія», «Мінськ» і ДКВР, пароутворювачі типу КТ, котли-пароутворювачі Д-721А і водоелектронагрівники типу ВЗТ та інші.

Ремонт котлів, пароутворювачів і водоелектронагрівників доцільно виконувати у спеціалізованих цехах і майстернях. Для ремонту на місці встановлення обладнання працівники ремонтної бригади повинні мати дозвіл на ремонт котлів і обладнання, які працюють під тиском.

Важливою частиною технологічного процесу ремонту обладнання для отримання гарячої води і пари є очищення від накипу.

Очищення обладнання від накипу виконують хімічними і механічними способами (рис. 8.14а). Найпоширенішим способом хімічного очищення котлів є очищення розчином соляної кислоти, рідше використовують розчини фосфорної і хромової кислот. Максимально допустима концентрація розчинів за кислотного очищення соляною кислотою – 6%, фосфорною – 7%. Для зниження корозії за кислотного очищення застосовують сповільнювачі (інгібітори). Тривалість кислотного очищення за максимально допустимої температури розчину 79° має не перевищувати 8 год. Після хі-

мічного очищення котел промивають чистою водою і 1–2% розчином каустичної соди.

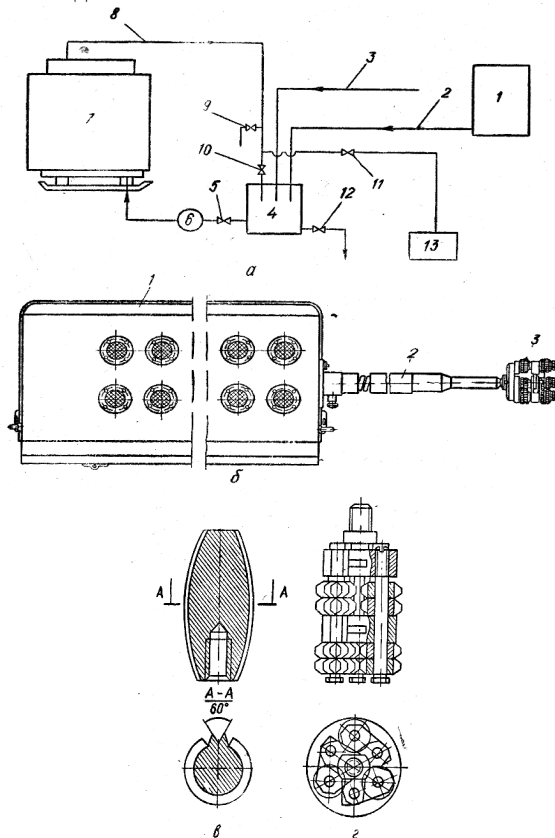


Рис. 8.14. Способи очищення обладнання від накипу:

a – схема хімічного очищення котлів з примусовою циркуляцією розчину; 1 – бак з кислотою; 2 – кислотна трубка; 3 – водяна труба; 4 – промивний бак; 5, 10, 11 – крани; 6 – насос; 7 – котел; 8 – зворотний трубопровід; 9 – кран відбирання проб; 12 – спусковий кран; 13 – дренажна посудина; *б* – пристрій для очищення котлів і пароутворювачів від накипу механічним способом; 1 – силова частина пристрою (електродвигун із з'єднувальною муфтою); 2 – гнучкий вал; 3 – змінна головка; 4, 5 – еліпсоїдна і розкидна головки для механічного очищення кип'ятильних труб котлів від накипу

Механічне очищення виконують за допомогою пристроїв з електро- або пневмоприводом (рис. 8.14б). Від пухких відкладень

котли очищують металевими щітками, від твердих – головками. Еліпсоїдні головки (рис. 8.6в) застосовують для попереднього очищення сильно забруднених труб. Кінцеве очищення виконують головками розкидного типу (рис. 8.6г).

У випадку сильного корозійного пошкодження і тріщин труб та внутрішніх поверхонь котла, а також нерівномірного відкладення накипу котел очищують тільки механічним способом.

Ремонт котлів і пароутворювачів. Характерними несправностями котлів і пароутворювачів є порушення у місцях зварювання: прогорання і тріщини колосникової решітки; тріщини у топкових і попільних дверцятах; тріщини, прогорання і корозійне руйнування димової камери і труб; пошкодження та знос деталей насоса і несправності приладів системи автоматики.

У випадку порушення швів у місцях зварювання шов зрубують і заварюють. Прогорілі колосникові решітки і відбивачі замінюють новими. Тріщини у топкових і попільних дверцятах та на корпусі живильного насоса заварюють електрозварюванням методом відпалювальних валиків. Тріщини у стінах котлів заварюють. До прогорілих стінок камери приварюють латки. Прогорілі або корозійно зруйновані циліндричні частини димової коробки посилюють накладками з внутрішнього боку. Прогорілі труби замінюють новими. Пошкоджені водогрійні труби ремонтують, вварюючи в них труби меншого діаметра. Випуклості і вм'ятини на стінках камери, димовій коробці і жарових трубах правлять.

Знос і ризики на робочих поверхнях запобіжних клапанів, вентилів і клапанів живильного насоса, а також їх гнізд усувають механічною обробкою (шліфуванням, протягуванням або фрезеруванням) з наступним притиранням спряжених деталей абразивними пастами. Кожний відремонтований запобіжний клапан випробують на герметичність. Тріщини і знос нарізки корпусу живильного насоса відновлюють відповідно до типових технологічних процесів (див. розділ 3). Зношені циліндри живильного насоса розточують і шліфують під збільшений розмір поршня.

Манометри, контрольну апаратуру і електродвигуни ремонтують у спеціалізованих майстернях.

Складанні одиниці і котел піддають гідравлічному випробуванню. Котел у складі випробовують під тиском 0,2М Па протягом 5 хв.

Ремонт газових пальників виконують у випадку втрати герметичності ущільнень трубопроводу і паливного бака та зниження пропускну здатності трубопроводів і форсунок.

Під час розбирання форсунок денце, спеціальна гайка і камера завихрення не знеособлюються. Всі ущільнювальні прокладки і гумотехнічні вироби замінюють. Вм'ятини, тріщини, несправності

вання та інші дефекти бака, трубопроводів, вентилятора, паливного насоса, форсунки відновлюють типовими технологічними способами (див. розділ 3).

Кожен відремонтований пальник перевіряють тричі: на запалювання паливоповітряної суміші іскровими свічками запалювання; на спрацьовування реле факела; на зривання факела у разі припинення подачі палива у пальник.

Ремонт водоелектронагрівників. Основними дефектами водоелектронагрівників можуть бути тріщини кожуха і резервуара, пошкодження, трубопроводів, перегорання нагрівних елементів, знос і пошкодження температурного реле.

Тріщини кожуха заварюють газовим зварюванням, резервуарів – електрозварюванням. Перегорілі нагрівні елементи замінюють новими або виготовляють з ніхромової, фехралевого або константанового дроту. Зношені деталі температурного реле замінюють новими з подальшою перевіркою дії контактного механізму і регулюванням на відмикання нагрівання за температури 85–90°C.

Резервуар і трубопровід холодної води випробують тиском води 0,5 МПа протягом 5 хв. Складений і заземлений водоелектронагрівник випробують на тривалість нагрівання води і параметри спрацьовування температурного реле.

РОЗДІЛ 9

РЕМОНТ ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Обладнання для переробки сільськогосподарської продукції, окрім спеціальних, має однорідні деталі і вузли: рами, стояки, корпуси, барабани, вали, вальниці, черв'ячні і зубчасті пари, запірну і керуючу арматуру тощо.

Технологічні способи усунення дефектів типових деталей машин і обладнання розглянуті в розділах 3 і 4. Однак агресивні середовища, в яких вони працюють, спричинюють значну їх корозію, що потребує застосування для ремонту особливих матеріалів і спеціальних технологічних прийомів.

У процесі експлуатації обладнання переробних підприємств близько 80% затрат на ремонтні роботи пов'язані з усуненням корозії деталей тому для компенсації корозійно-механічного зносу під час проектування деяких апаратів передбачено запас товщини (або використання для обладнання біметалів), внаслідок чого непродуктивно втрачається до 20% металу.

9.1. Особливості умов експлуатації обладнання для переробки сільськогосподарської продукції

Технологічні середовища переробних виробництв за складом дуже різні. Умовно їх можна поділити на органічні та неорганічні. До перших належать вуглецеві органічні з'єднання рослинного і тваринного походження (білки, вуглеводи, жири, дубильні і фарбуючі речовини, альдегіди тощо); до других – водні розчини неорганічних кислот, солей тощо.

Виробництво харчових продуктів пов'язано з гідравлічним транспортуванням і миттям сировини, термічною обробкою, гідролізом і екстрагуванням. Для їх здійснення використовують велику кількість допоміжних речовин: воду, неорганічні кислоти (HCl , H_2SO_4 , H_2SO_3), луги, хлориди, водні розчини аміаку і спирту. У багатьох випадках технологічні середовища потрапляють на тертьові поверхні деталей обладнання та активно впливають на їх зношування та корозійне руйнування.

За характером взаємодії з металами рідкі середовища поділяють на хімічно активні і поверхнево-активні разом з поверхнево-активними речовинами (ПАР). До хімічно активних середовищ відносять розчини електролітів – кислот, лугів, солей. Молекули речовин, розчинені в цих середовищах, здатні дисоціювати, зумовлюючи проходження електрохімічних корозійних процесів. Поверхнево-

активні середовища містять речовини з полярними (асиметричними) молекулами, які адсорбують на поверхні твердих тіл, утворюють структурну плівку.

Під дією дотичного і нормального навантаження адсорбційні шари ПАР виявляють здатність до найлегших тангенціальних ковзань і високого опору стисканню. Разом з тим вони відштовхують одну від одної металеві поверхні, які зближаються, а потрапляючи на ділянки з поверхневими дефектами, сприяють відокремленню (диспергуванню) поверхневих шарів металу.

Процеси, які спричиняють знос і корозію деталей вузлів, у обладнання в різних умовах проходять по-різному і залежать від багатьох факторів. Однак фактори, що характеризують знос або корозію, не завжди виявляються окремо, оскільки вони супроводжуються іншими явищами, які прискорюють руйнування деталей.

Найрізноманітнішими за складом і властивостями є технологічні середовища цукрового виробництва. Цукрові заводи оснащені різноманітним високопродуктивним обладнанням, виготовленого зазвичай з чорних металів. Метал обладнання цукрових заводів експлуатується у жорстких умовах тертя, навантаження і агресивного впливу корозійно активних середовищ за підвищених температур.

Дифузійний сік являє собою 15% водний розчин сахарози і несахарози. Він містить майже всі несахари, що знаходяться у буряках у нерозчиненому стані, а також ті, що переходять у розчин у процесі дифузії. До несахарів дифузійного соку належать азотисті речовини, амінокислоти, бетаїн і безазотисті речовини (органічні кислоти, пектинові речовини, сапонин).

Середовища цукрового виробництва багатокомпонентні і містять: щавлеву, молочну, янтарну, яблучну, винну, лимонну та інші органічні кислоти; різні мікроорганізми; солі калію, натрію, кальцію, магнію, сірчаної та інших кислот; значну кількість розчинних і нерозчинних речовин; кисень, сірчистий газ, хлориди та інші з'єднання, які поряд з органічними кислотами впливають на значення водневого показника рН і швидкість корозійних процесів. У свою чергу продукти корозії стимулюють мікробіологічні процеси.

Агресивність повітряного середовища у виробничих цехах цукрового заводу підвищується через його велику вологість, а також наявність у ньому сірчистого і вуглецевого газів, парів органічних кислот та інших агресивних речовин.

Найшвидше зношується транспортуюча система. У ремонтний період як консерванти застосовують сурик, оліфу, вапнякове молоко, автол, відпрацьоване машинне масло тощо.

Трубки нагрівання дифузійного соку піддаються точковій корозії, яка переходить у наскрізну. Точкова корозія виникає за наявності

на поверхні металу сторонніх домішок, які перешкоджають нормальному руху соку. На ділянках завихрення і руху соку збираються бульбашки газів і пари, які стимулюють корозійні процеси.

Сульфататори, у тому числі і рідкострумінні, пошкоджуються локальною точковою корозією і мають механічний знос, а дискові фільтри (рамки, сітка, корпус) – рівномірну корозію. Інтенсивніші корозійні процеси розвиваються на зварних швах.

Відцентрові насоси у технологічному середовищі піддаються кавітаційно-ерозійному зносу. При цьому середовище поряд з механічним, отримує значний корозійний (хімічний) вплив на контактуючу поверхню (робоче колесо, корпус, вал). До агресивних середовищ буряково-цукрового виробництва відносять і газоводні суміші, які створюються водокільцевими вакуумними насосами за отримання розрідження для технологічного обладнання: теплотехнічної апаратури і вапняково-газових печей. Насоси під час роботи у суміші вода – повітря мають строк служби до 6 років, а у суміші вода - вуглекислий газ – до двох місяців, і доводиться замінювати повністю ротор і вал. Різке збільшення зносу металу насосів як результат кавітаційної ерозії зумовлене наявністю вуглекислоти, в присутності якої утворюється пориста плівка окислів на поверхні металу і вільний доступ кисню.

Буряконасоси піддаються абразивному зношуванню, а грабелі конвеєри жому – корозійно-ерозійному.

Елеватори сирого жому піддаються атмосферній корозії. Це особливий вид корозії, за якої електропровідним середовищем є тонкі шари електроліту, які безпосередньо потрапили на поверхню металу із атмосферних опадів внаслідок конденсації і адсорбції вологи.

Внутрішня поверхня трубопроводу, яким протікає агресивне середовище або коли в ньому є вода, за підвищеної вологості навколишнього повітря піддається суцільній корозії на глибину 1 мм і більше на рік.

Труби, у яких транспортуються агресивна рідина або гази, можна захищати за відповідної підготовки поверхні різними лакофарбними матеріалами: етиловою фарбою ЭКА-15, полімерною сполукою ЭЛ-755, а також сполуками на основі поліетилену, поліефірної композиції, епоксидної смоли з порошків методом напилення.

9.2. Види і періодичність технічного обслуговування і ремонту

Види технічного обслуговування, періодичність їх проведення встановлює виробник машин і обладнання, він же визначає і метод

проведення технічного обслуговування: без зупинки, або із зупинкою виробництва продукції.

Для більшості обладнання встановлено міжремонтне обслуговування, профілактичні огляди, поточний, середній і капітальний ремонт.

Міжремонтне обслуговування — повсякденне спостереження за виконанням технічної експлуатації, а також своєчасне усунення дрібних несправностей і регулювання механізмів. Виконують під час перерв в роботі без порушення режимів виробництва.

Профілактичний огляд (О) проводять через певні проміжки часу, встановлені для кожної машини (агрегату, лінії).

Поточний ремонт (П) — мінімальний за обсягом вигляд ремонту, що забезпечує експлуатацію машин (агрегату, лінії) до чергового планового ремонту. Полягає в усуненні несправностей шляхом заміни або відновлення окремих деталей, що швидко зношуються, а також у виконанні регулювальних робіт. Поточний ремонт проводять на місці встановлення обладнання.

Середній ремонт (С) — відновлення експлуатаційних характеристик машин (агрегатів, ліній) шляхом ремонту або заміни зношених або пошкоджених деталей і з'єднань, а також перевірка технічного стану решти складових частин з метою усунення виявлених несправностей. За середнього ремонту допускають проведення капітального ремонту.

Капітальний ремонт (К) — повне розбирання і дефектація машини (агрегату), заміна і ремонт з'єднань, що зносилися, і деталей, у тому числі і базових.

Для визначення термінів ремонту потрібно знати ремонтний цикл, міжремонтні і міжоглядові періоди для кожного виду обладнання.

Ремонтний цикл — період роботи машини (агрегату) між двома плановими капітальними ремонтами, а для нового обладнання — період роботи від початку введення машини в експлуатацію до першого капітального ремонту.

Міжремонтний період — період роботи обладнання між двома черговими плановими ремонтами.

Міжоглядовий період — період роботи обладнання між двома черговими оглядами або між оглядом і плановим ремонтом.

Структура ремонтного циклу (проведення ремонтів і оглядів в певній послідовності) і його тривалість залежать від конструктивних особливостей машини (агрегату) і умов її експлуатації.

Приклад структури ремонтного циклу основного технологічного обладнання м'ясної промисловості наведено в табл. 9.1.

Таблиця 9.1

**Тривалість і структура ремонтного циклу
основного технологічного обладнання м'ясної промисловості**

РРЦ*	Тривалість ремонтного циклу, місяці		Структура ремонтного циклу	Число ремонтів і оглядів у ремонтному циклі		
	в одну зміну	у дві зміни		С	П	О
I	12	6	К-О-О-О-О-П-О-О-О-О-С-О-О-О-О-П-О-О-О-О-К	1	2	16
II	24	12	К-О-О-О-О-П-О-О-О-О-С-О-О-О-О-П-О-О-О-О-К	1	2	16
III	36	18	К-О-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-С-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-К	1	2	20
IV	48	24	К-О-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-С-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-К	1	2	20
V	60	30	К-О-О-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-О-С-О-О-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-О-О-К	1	2	24
VI	72	36	К-О-О-О-О-П-О-О-О-О-П-О-О-О-О-С-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-К	1	3	20
VII	84	42	К-О-О-О-О-П-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-С-О-О-О-О-П-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-К	1	4	24
VIII	96	48	К-О-О-О-О-П-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-С-О-О-О-О-П-О-О-О-О-П-О-О-О-О-К	1	4	24
IX	120	60	К-О-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-С-О-О-О-О-О-О-П-О-О-О-О-П-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-К	1	4	30
X	144	72	К-О-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-П-О-О-О-О-П-О-О-О-О-П-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-К	-	5	30

*Розряди ремонтних циклів.

Відповідно до цієї таблиці основне технологічне обладнання м'ясної промисловості групують за такими РРЦ (розрядами ремонтних циклів).

I РРЦ — пили електричні для розпилювання туш і напівтуш, для відрубів, для розпилювання грудної кістки;

II РРЦ — конвеєри підвісні горизонтальні і похилі, столи конвеєрні для нутрування і обвалювання, установки для оглушення тварин електричним струмом і вуглекислим газом, установка для механічного знімання шкур великої рогатої худоби, агрегат для знімання свинячого крупона або шкур цілком;

III РРЦ — кутер-мішалка, подрібнювач типу ФІЛ, автомат для виробництва котлет К6 ФАК-50, машина для чищення часнику, потоково-механізована лінія для виробництва м'ясних котлет К8 ФАК-200;

IV РРЦ — стрічкові і шнекові транспортери, напільні візки, агрегати для механічного знімання шкур типу ФУАМ і ФОБ, машини для обробки м'ясокісткових субпродуктів, машини для подрібнення і перемішування сировини (дзиги, шпигорізки, кутери тощо), стрічкові пили для різання кістки і нарізання напівфабрикатів, наповнювальні і дозувальні машини, дозувально-формувальні автомати (для виробництва пельменів) і наповнювальні (для наповнення жерстяних банок паштетом тощо) для дозування, кісткодробарки і силові подрібнювачі, сепаратори, преса, машини мийні і очищувальні, сушарки і ін.;

V РРЦ — машини відцентрові типу АВЖ, сушарка барабанна для сушки пера і пуху;

VI РРЦ — технологічне транспортне обладнання (підвісні колії – смугові і трубчасті), жолоби, спуски, казани для витоплення жиру, варильні казани, охолоджувачі жиру, льодогенератор для приготування лускатого льоду, вакуум-апарат для попереднього випаровування крові тощо;

VII і VIII РРЦ — баки для передування сировини, відстійники для жиру, жироловка, шпарильний чан тощо;

IX РРЦ — пароварильні камери для варіння ковбасних виробів, коптільні камери для копчення ковбасних виробів, для обжарювання, автоклав для витоплення свинячого жиру;

X РРЦ — технологічні трубопроводи, виробничі столи, пресформи для копчення.

Тривалість ремонтного циклу і міжремонтних періодів установлюють за даними дійсного фонду часу роботи обладнання і термінам зносу змінних деталей. Терміни зносу змінних деталей установлюють, виходячи з досвіду експлуатації обладнання, приймаючи за основу фактично відпрацьований машиною (агрегатом) час або кількість переробленої сировини.

9.3. Очищення технологічних трубопроводів

Очищення та промивання водопровідної мережі. Водопровідну мережу від м'яких відкладень очищують двома способами: підвищеними швидкостями руху води і гідропневматичним.

Підвищені (що розмивають) швидкості під час звичайного промивання досягаються за рахунок штучного зменшення перетину труби.

Для цього застосовують кульові дерев'яні (або гумові) пробки розміром на 25 мм менше внутрішнього діаметра труб. Дерев'яну кулю 2 (рис. 9.1а) вводять в проміжну ділянку між гідрантами І і ІІ через пожежну підставку, заздалегідь знявши гідрант. Цю підставку закривають фланцем з сальником 3, через який пропускають трос 4. Останній одним кінцем прикріплюють до дерев'яної кулі 2, іншим — до барабана лебідки 5. Вода, рухаючись від гідранта ІІ, захоплює кулю, що повільно спускається на тросі, при цьому утворюються підвищені (що розмивають) швидкості води між кулею і поверхнею труби і відкладення змиваються із стінок труб. Забруднення разом з водою, що промивається, виносяться через стояк 1, встановлюваний на підставку гідранта ІІ. За відсутності гідрантів мережу можна промивати таким самим способом через корпус засувки або спеціальні трійники.

Гідропневматичний спосіб очищення водопровідної мережі (ділянка завдовжки 200–300 м) полягає в подачі в мережу разом з водою стислого повітря. При цьому виникає ударна сила (руйнівна), що і видаляє міцні відкладення зі стінок водопровідних труб. Схему гідралічного промивання показано на рис. 9.1б.

У колодязях, розташованих на початку і в кінці ділянки мережі, що промивається, вимкненої з експлуатації, знімають або частково розбирають арматуру (вантузи, засувки тощо). На місце знятої арматури на початку ділянки встановлюють пристрій для впускання стислого повітря, який складається зі стояка 1 з вентилем 2, з'єднаним гнучким шлангом з компресором 3.

В кінці ділянки на підставці 8 пожежного гідранта встановлюють відповідний стояк 4, до якого приєднують рукав 5.

Відкривають засувку 9, закривають засувку 7, подають в ділянку мережі, що очищається, воду і через стояк 1 — повітря від компресора 3.

Вода після промивання з відкладеннями через стояк 4, рукав 5 виливається назовні в лоток 6. Тривалість промивання залежить від товщини і вигляду відкладень і зазвичай становить 2–4 години.

Дезінфекцію водопровідних мереж проводять відразу ж після промивання, використовуючи для цього 4–5% розчин хлорного вапна або рідкий хлор з розрахунку 25 г активного хлору на 1м³ води в об'ємі ділянки, що промивається. Розчин вводять через напірний стояк 1 в місцях установок пожежних гідрантів. Чисту воду подають в ділянку водопроводу, що дезінфікується, доки з відповідного стояка 4 з рукавом 5 не виливатиметься вода, що сильно пахне хлором. Після цього засувки закривають і незаражену ділянку трубопроводу на добу залишають заповненою хлорною водою. Через добу воду видаляють і цю ділянку водопроводу повторно промивають до

зникнення у воді хлорного запаху. Так само дезінфікують подальші ділянки мережі.

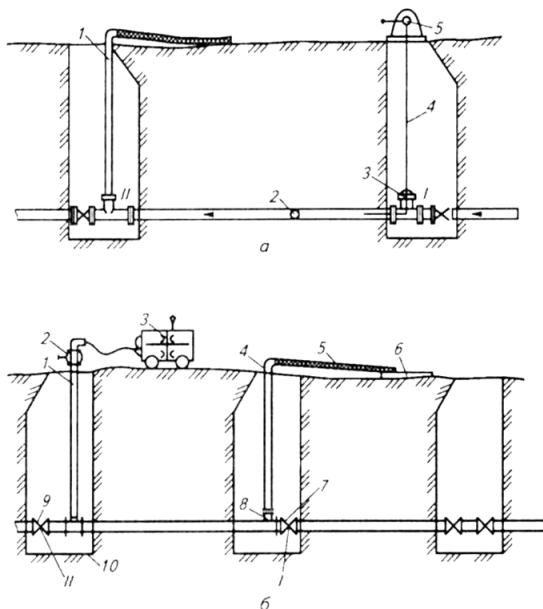


Рис. 9.1. Схема промивання водопровідної мережі:

а – збільшенням швидкості руху води: 1 – стояк; 2 – дерев'яна куля; 3 – сальник; 4 – трос; 5 – лебідка; І, ІІ – гідранти; *б* – гідропневматичним способом: 1 – напірний стояк; 2 – вентиль; 3 – пересувний компресор; 4 – відвідний стояк; 5 – рукав; 6 – лоток; 7, 9 – засувки; 8 – підставка пожежного гідранта; 10 – колодязь пожежного гідранта; І і ІІ – засувка закрита і відкрита на ділянці, що очищується

Очищення та промивання трубопроводів м'ясопереробних підприємств. Під час технічного обслуговування технологічних трубопроводів м'ясопереробних підприємств великий обсяг робіт пов'язаний з їх очищенням і дезінфекцією.

Це зумовлено тим, що сировина і м'ясопродукти, проходячи під тиском трубами, утворюють на поверхні, що контактує з ними, різні відкладення, що є ідеальним середовищем для зростання і розмноження мікроорганізмів. Видалення відкладень, подальше миття і стерилізація труб – важливі операції, від яких залежить якість продукції.

Очищення трубопроводів проводять за такою схемою: очищення-миття водою і (або) розчинами – дезінфекція і (або) стерилі-

зація – видалення осаду, який утворює мийний розчин. Для очищення і дезінфекції обладнання і приміщень переробних підприємств найчастіше використовують синтетичні мийні дезінфекційні засоби, такі як МСЖ, МСЖ-3С, МСЖ-28, гіпохлорид натрію марок А, Б, хлорамін Б, Септофор.

В'язкопластичний продукт, що залишився в трубі, видаляють за допомогою пижа, що проштовхується стислим повітрям або водою. Пиж має два гумові диски, з'єднані гнучким стрижнем завдовжки близько 0,15 м. Замість пижа можна користуватися гумовою кулею або циліндром. Якщо трубопровід допускає легке розбирання, то продукт видаляють ручними пижами.

На деяких підприємствах впроваджують централізовану подачу дезінфекційних і стерилізаційних розчинів. Основні конструктивні елементи станції централізованого дозування – власна система напірного водопостачання, пристрій для дозування компонентів, з яких готують розчини, резервуари, що постійно знаходяться під напором із запасом готового до вжитку розчину. Переваги станцій централізованого дозування – надійна ізоляція мережі питного водопостачання від розчину, чітке дозування, безступінчате регулювання концентрації розчину, можливість швидкої і зручної заміни резервуарів з розчином, автоматичне від'єднання установки за зниження рівня розчину в ній нижче допустимого.

Очищення трубопроводного транспорту складається з циркуляційного очищення трубопроводів, що входять до складу потоково-механізованих ліній, очищення спусків, жолобів і окремих трубопроводів.

Спуски для кускового м'яса можна очистити, не демонтуючи їх. Для цього в спуск вводять гумовий шланг з розбризкувальним пристроєм з перфорованою листовою сталі. Пристрій має вигляд конусів, до однієї з вершин конуса прикріплено гумовий шланг (рис. 9.2а). Спочатку шлангом подають теплу воду під тиском. Потім для стерилізації спуску через цей самий пристрій подають або воду температурою, близькою до точки кипіння, або пару (можна подавати також стерилізаційні розчини).

Вказаний спосіб непридатний для очищення спусків фаршів, на стінках яких утворюється щільний шар жиробілкової маси. У цих випадках рекомендують використовувати спосіб миття спусків без демонтажу. Для цього використовують переносну електрошліфувальну машину з гнучким валом, до якої внесені такі зміни (рис. 9.2б): шліфувальний круг замінений мийною головкою, що складається з трьох металевих шайб діаметром по 60 мм, між якими затиснуто 12 смужок з прогумованого паска перетином 10×5 мм і довжиною на 10–15 мм більше радіуса спуску; для центрівки гнучкого

вала усередині спуску на вал надіто два центрувальних кільця – одне на відстані 400 мм від мийної головки, інше — на відстані 1400 мм від першого. Для очищення в спуск вводять головку, включають двигун і пускають воду або мийний розчин. Цей спосіб дозволяє очистити спуски значно краще, ніж інші. Тривалість процесу становить 20 хвилин.

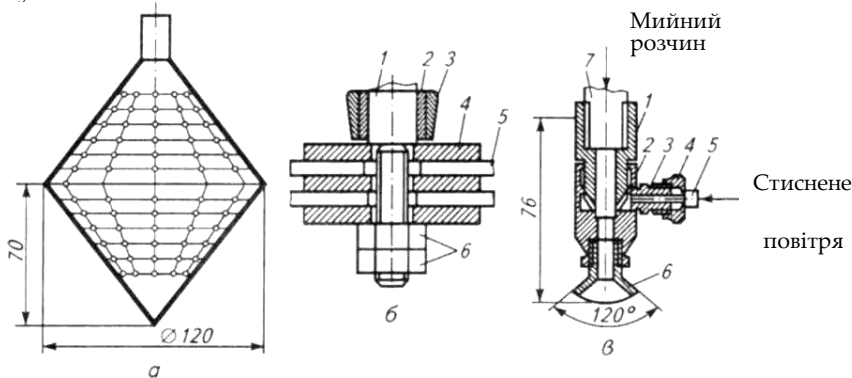


Рис. 9.2. Пристрої для очищення технологічних трубопроводів:

а – двоконусний розбризкувальний пристрій; *б* – мийна головка: 1 – штуцер; 2 – бронзова втулка; 3 – корпус приєднання до гнучкого шланга; 4 – шайби; 5 – мийні смужки; 6 – гайка з контргайкою; *в* – водоповітряна мийна форсунка з щілинною насадкою: 1 – сопло; 2 – корпус; 3 – штуцер; 4 – гайка; 5 – гнучкий шланг; 6 – насадок; 7 – труба

Один з пристроїв, що інтенсифікують миття, – водоповітряна форсунка з щілинною насадкою (рис. 9.2в). Форсунка працює таким чином. Рідина проходить через сопло, і за рахунок введення стислого повітря збільшуються швидкість і кінетична енергія витікаючого струменя. Повітря подають у форсунку шести спіральними проточками в зовнішній поверхні конуса сопла, чим створюється турбулентність. При цьому повітря не лише збільшує швидкість витікання, але і насичує мийний розчин бульбашками повітря, сприяючи посиленню ударної дії струменя як результат мікродігравічних ударів об поверхню, що обмивається. Радіальне введення стислого повітря в струмінь рідини менше дробить потік, ніж центральне введення, тобто конструкція форсунки з щілинною насадкою дає суцільніший струмінь. Зміною форми насадки і введенням стислого повітря в середину потоку досягається дроблення потоку на окремі струмені з сильним розбризкуванням, утворенням туману з окремих крапель рідини, що використовують під час обполіскування холодною водою.

Для створення потрібного напору, дальності і структури водоповітряних струменів на підвідних трубопроводах мийного розчину і стислого повітря роботу форсунки регулюють за допомогою вентилів і змінних наконечників. Ударна дія водоповітряних струменів в 1,5рази більше дії неаерованої рідини. Форсунки з водоповітряними струменями дозволяють скоротити витрату мийного розчину до 40%.

9.4. Ремонт апаратів для теплової обробки харчових продуктів

Всі переробні підприємства використовують теплові апарати для обробки харчових продуктів.

Теплообмінник ремонтують у випадку забруднення поверхні теплообміну і пропускання рідини.

Ремонт теплообмінних апаратів передбачає очищення поверхні нагрівання від накипу та інших забруднень, усунення несправностей і дефектів трубопроводів. Крім цього ремонтують запірні пристрої та ізоляцію.

Очищення поверхні нагрівання. Накип видаляють із стінок апаратів за допомогою мінеральних та органічних речовин.

Вибір методу очищення залежить від виду і ступеня забруднення, а також від конструкції поверхні нагрівання (трубчаста, пластинчаста). Основними із цих методів є такі.

Хімічне очищення виконується у разі видалення осаду міжтрубного простору. Пом'якшення осаду на поверхні нагрівання досягається за допомогою кальцинованої і каустичної соди. Потім накип розчиняють слабким розчином соляної кислоти.

Термічне очищення ґрунтується на використанні різниці коефіцієнтів теплового розширення накипу і металу. Поверхню нагрівання (звільненого від рідини апарата) спочатку підігрівають редуційною перегрітою парою, потім охолоджують холодною очищеною хімічним способом водою. Внаслідок цього частинки накипу відокремлюються від поверхні нагрівання і видаляються вручну або промиванням. Цей метод застосовують, якщо встановлено, що накип під час нагрівання стає твердим і крихким.

Гідравлічне очищення ґрунтується на здатності води за великої швидкості (понад 50 м/с) видаляти накип. Цим способом видаляють пухкий накип і шламоутворення.

Механічне очищення — це видалення накипу зшкрябуванням або вибиванням інструментом та різними пристроями.

Інструмент для механічного очищення поділяють на дві групи: для видалення м'яких осаджень, що не пошкоджує внутрішню по-

верхню трубок, використовують шомполи, волосяні щітки і щітки з латунного дроту, металеві йоржі, гумові кулі (рис. 9.3 *а,б,в,г*), та здатний пошкоджувати їх для видалення твердого накипу – жорсткі дротові щітки, механічні долота, тощо (рис. 9.3*д,е,є,ж,з,и*). Відцентрові шарошкові головки (рис. 9.3*е*) мають маркування: ГД – вказує на застосування для видалення твердого накипу; СБ – для м'якого накипу. Наступні за літерою цифри вказують, труби яких діаметрів можна нею очищати.

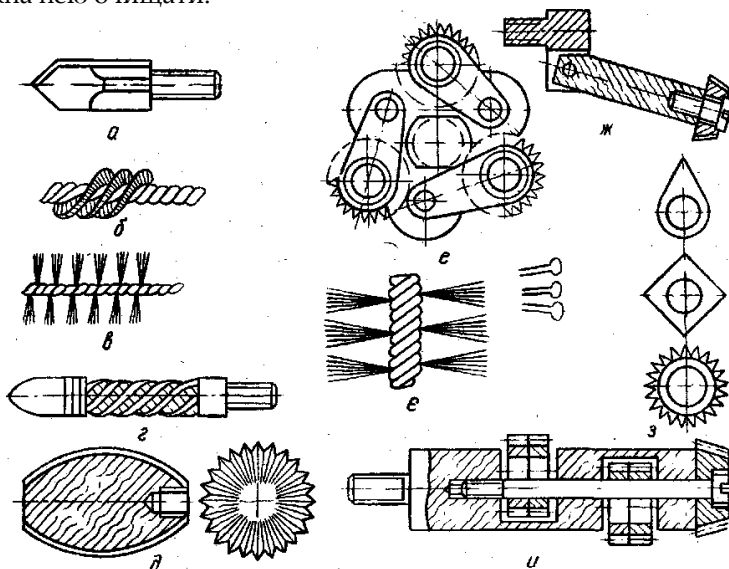


Рис. 9.3. Інструмент для механічного очищення труб:

а, б, в, г, е – пристрої, які не пошкоджують внутрішню поверхню трубок;
д, е, ж, з, и – пристрої, здатні до пошкодження

Очищають труби шарошками, які приводяться в рух від електродвигуна або гідроприводу через гнучкий вал або шланг. Кожну трубу «проходять» шарошками згори донизу і у зворотному напрямку. Під час очищення в трубу подається вода для змивання накипу і охолодження шарошків головок.

Під час очищення деяких конструкцій теплообмінних апаратів з трубчастою поверхнею теплообміну доцільно застосовувати приводи із зворотно-поступальним рухом, використовуючи тельфери або електролебідки.

Основним недоліком механічних методів очищення є можливість пошкодження поверхневого шару металу, що призводить до швидкішого зношування труб. Крім того, ці методи трудомісткі і не

забезпечують повного очищення від накипу, особливо у важкодоступних місцях.

Ремонт поверхні нагрівання. Характер ремонтних робіт визначається конструкцією поверхні нагрівання.

Пластинчасті апарати. У процесі експлуатації пластинчастих охолоджувальних для пастеризації установок і охолоджувачів найчастіше зношуються гумові прокладки ущільнювачів. Знос їх зумовлено механічною дією під час розбирання, очищення і збирання апарата, впливом різкого перепаду температур в секціях пастеризації і охолодження розсолем (крижаною водою), а також хімічною активністю розсолу. Негативно на прокладки діють мийні розчини (каустична сода і азотна кислота), а також неправильна експлуатація теплообмінного апарата. Знос прокладок можна виявити за протіканням рідини між пластинами після максимального їх підтискання.

Пластинчастий теплообмінний апарат розбирають в такому порядку. Після очищення охолоджуваного апарата від нього від'єднують всі трубопроводи, за винятком труб, з'єднаних із станиною, послаблюють затискні пристрої поперемінно на верхній і нижній штангах, знімають з них накладки, відсовують натискну плиту у бік стійки розпору і розсовують пластини. Потім, оглядаючи, вибирають пластини із зношеними прокладками і знімають їх з апарата. Зняті пластини очищують, після чого з жолобків шабером або ножем видаляють старі прокладки. Потім жолобок пластини знежирують, протираючи його тампоном, змоченим бензином.

Нові ущільнювальні прокладки приклеюють спеціальним клеєм. Перед його нанесенням поверхню прокладок знежирують бензином, розчинником або ацетоном і сушать 10–15 хв. Потім на підготовлені поверхні пластини і прокладок наносять перший рівномірний шар клею. Після його сушки протягом 10 хв наносять другий шар. Після закінчення сушки другого шару протягом 1–3 хв прокладки укладають в жолобки пластин і накочують ролик. Наклеєні пластини витримують 24 год за температури 15–20 °С і відносної вологості повітря не більше 75%.

Пластини з прокладками розміщують в апараті за порядком номерів згідно зі схемою їх компонування. Після цього апарат збирають і перевіряють герметичність пластин, подаючи рідину під тиском 0,35МПа.

Найпоширеніші теплообмінники з трубчастою поверхнею нагрівання.

Трубчасті апарати. До цього типу теплообмінних апаратів належать трубчасті пастеризатори, кожухотрубні конденсатори і випарники, вакуум-апарати тощо.

Основний дефект поверхонь теплообміну трубчастих апаратів — порушення герметичності в місцях розвальцьовування труб в трубних решітках. Порушення герметичності визначають за витокм повітря під час його подачі під тиском 0,3МПа в міжтрубний простір апарата. Місця витoku повітря знаходять за появою бульбашок повітря, якщо обмазати стики мильною піною. Причинами виникнення такого дефекту може бути знос поверхні або брак, допущений під час розвальцьовування. Якщо труба має незначну течу, то її підвальцьовують. За зносу понад 50% первинної товщини труби замінюють. Якщо пошкоджені одна-дві трубки, то їх видаляють, а отвори в трубних решітках тимчасово заглушують.

Ремонт трубчастої поверхні нагрівання включає: вилучення труб, які підлягають заміні; підготовку нових труб і трубної решітки; встановлення і розвальцьовування труб; випробування.

Ремонт теплообмінників типу «труба в трубі» складається з таких операцій: огляд поверхні нагрівання; перевірка надійності кілець; заміна прокладок; частковий ремонт труб; випробування. Ремонт пластинчастих теплообмінників зводиться до заміни дефектних пластин і гумових прокладок.

Огляд поверхні нагрівання виконують після очищення апарата від накипу під час гідравлічного, або пневматичного випробування під тиском 0,3–0,5МПа. Якщо деякі трубки підтікають ще до досягнення пробного тиску, їх заглушують дерев'яними пробками і продовжують випробування.

Під час опресовування апарата перевіряють стан трубної решітки, щільність вальцьових і фланцевих з'єднань, зварних швів.

Після гідравлічного випробування видаляють (рис. 9.4) невелику кількість трубок для вибіркового огляду (3–5 трубок). Видалені трубки оглядають, фіксують розміщення корозійних і ерозійних поверхонь, визначають товщину металу у найбільш пошкодженому місці. Після обстеження зношені трубки замінюють новими.

Не можна вилучати трубки зубилом, щоб не зіпсувати поверхню очка у трубній дошці. Кінці труб обтискають гвинтовим пристроєм у вигляді кліщів, які не псують очок. Зусилля обтискання виникає у випадку загвинчування гайки.

Ремонт трубних решіток зводиться до усунення тріщин електрозварюванням і підготовки очок. Для видалення бруду та мастила очки у трубній дошці промивають дихлоретаном, після чого зачищають за допомогою дреля з насадками або головкою, на яку клеєм наклеюють кардострічку або наждачне полотно. Привід головки – від механічного дреля. Після зачищення до металевому блиску очко обдувають і всі очки перевіряють

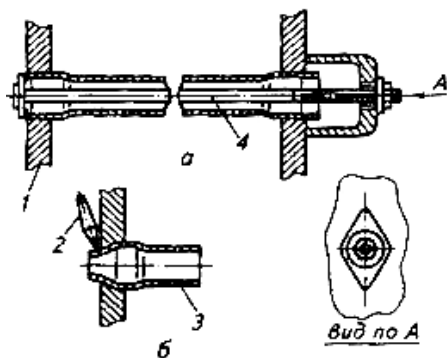


Рис. 9.4. Виймка труб з трубних решіток:

a – виймка труби; *б* – відборткування труби; 1 – трубна решітка; 2 – зубило; 3 – труба; 4 – пристрій для виймки труб

Виправлення очків у випадку наявності конусності та еліптичності виконують за допомогою розсувних розверток.

Перед установленням труб очко повинно мати чисту блискучу поверхню.

Ремонт і підготовка труб. Основними дефектами поверхонь труб нагрівання є зовнішня і внутрішня корозія, знос стінок труб зовні, утворення свищів, тріщини у місцях розвальцьовування труб і свищі у стиках.

Під час ремонту на місці, на зношені зовнішні стінки труб газовим пальником

виконують наварювання. В окремих випадках, правлять погнутості, здуття і вм'ятини, вирізають дефектні ділянки і зварюють вставки з нових труб. Погнуті труби виправляють за допомогою скоб гвинтовим натискачем, попередньо нагрівши трубу газовим пальником.

Невеликі здуття на кип'ятильних і екранних трубах усувають шляхом нагрівання газовим пальником до червоного кольору з подальшим ручним правлінням врівень з трубкою. Труби з вм'ятинами виправляють нагріванням пошкодженого місця і протягуванням за допомогою троса кулі діаметром, трохи меншим внутрішнього діаметра труби.

Вийняті з апарата і очищені труби за наявності невеликих позовжніх тріщин або раковин відновлюють газовим зварюванням.

Іноді використовують зварні труби. Зварювання виконують газом. Для забезпечення співвісності труб, які зварюють, використовують спеціальний пристрій. Відрізають труби за розміром, який забезпечує необхідний вихід розвальцьованого кінця труби з трубних дошок. Ріжуть труби ручною або привідною ножівкою чи дисковою пилкою, контролюючи перпендикулярність кінців після нарізання. Після обрізання знімають фаски з боку внутрішнього діаметра.

Кінці труб, що розвальцьовують, відпалюють на довжині 150–200 мм на деревному вугіллі або дровах. Латунні труби відпалюють за 640–660 °С з охолодженням на повітрі, а з червоної міді до 620–650 °С з охолодженням у воді. Безшовні сталеві труби відпалюють

за температури 550–600 °С, якщо товщина стінки не перевищує 2 мм і за 900–950 °С, якщо товщина 2,5 мм та більше. Електрозварні труби і труби із нержавіючої сталі не відпалюють. Підготовку труб до встановлення закінчують зачищенням їх кінців, яке виконують безпосередньо перед установленням.

Вальцювання труб здійснюють у два етапи. Перший етап – це привальцювання, або закріплення труб перед вальцюванням. Привальцювання (прихватку) труб виконують кріпильним вальцюванням, яке вставляють у трубу і обертають для роздачі труби, доки кінець труби буде закріплений в отворі решітки. Привальцювання виконують відразу після установки труб, вибираючи весь зазор і усуваючи можливість потрапляння між стінками труби і отвору сторонніх тіл. Контроль кріплення труби здійснюється за відсутності її хитання. Після контролю корпус вальцювання додатково повертають на 1–1,5 оберти.

Другий етап розвальцювання труб — їх остаточне завальцювання і бортування після привальцювання, не допускаючи тривалого розриву між цими операціями. У місцях з великою вологістю повітря остаточне вальцювання і бортування привальцьованих труб слід здійснювати в день установлення труб. Розвальцювання виконують самоподавальною вальцівкою з бортувальними роликми так, щоб одночасно проводилося розвальцювання з розбортуванням труб.

Оптимальний ступінь розвальцювання труб H_0 (1–1,5%) визначають за формулою:

$$H_0 = \frac{D_K - D_H}{D_0} 100\%, \quad (9.1)$$

де D_K – кінцевий внутрішній діаметр розвальцьованої труби, мм;

D_H – початковий внутрішній діаметр труби перед розвальцюванням, мм;

D_0 – діаметр очка до розвальцювання, мм.

Вальцювальний інструмент підбирають, виходячи з технології вальцювання. Широко використовують гвинтову вальцівку (рис. 9.5).

Вальцівка складається з трьох роликів і конічного шпинделя 4. При подачі вперед шпиндель натискає на ролики, які натискають на внутрішню частину труби. Обертаючи шпиндель, за допомогою рукоятки, примушують ролики перекичуватися внутрішньою поверхнею труби, поступово розтягувати її стінки і збільшувати діаметр.

Вальцювання труб виконують якомога швидше після зачищення очків і кінців труб. При цьому особливу увагу приділяють якості вальцьованого з'єднання. Якщо під час гідровипробування труба підтікає, підвальцювати її більше двох-трьох разів недопустимо.

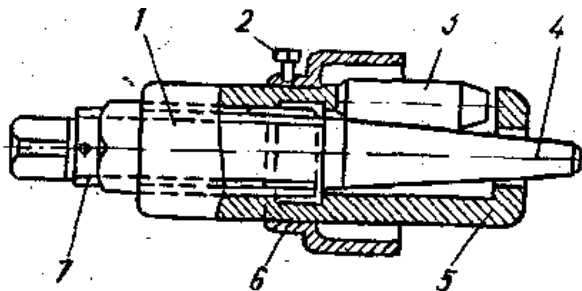


Рис. 9.5. Гвинтова вальцівка:

- 1 – подавальна втулка; 2 – стопорний гвинт; 3 – ролик; 4 – шпиндель;
5 – корпус; 6 – установче кільце; 7 – упорне кільце

Кожухотрубні конденсатори піддають гідравлічному і пневматичному випробуванню. Гідравлічне випробування трубного простору на міцність проводять під тиском 0,6 МПа протягом 15 хв. Якщо на манометрі за цей час падіння тиску не спостерігається, то апарат визнають таким, що витримав випробування.

Пневматичне випробування міжтрубного простору кожухотрубних апаратів на міцність і герметичність проводять повітрям під тиском 1,8 МПа.

Під час капітального ремонту випарника з нього знімають облицювання, теплоізоляцію, проводять гідравлічне або пневматичне випробування міжтрубного простору. Тріщини, виявлені в зварних швах апаратів, заварюють.

Після ремонту апарат випробовують на герметичність, розміщують теплоізоляцію, облицювання, кріплять її кріпильними гвинтами, приєднують трубопроводи, вмонтовують прилади і засоби автоматизації і готують апарат до пуску.

До пуску в роботу випарники мають бути технічно оглянуті відповідно до Правил будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском.

Секції панельних випарників перевіряють на міцність і герметичність під тиском повітря 1,2 МПа.

Поверхнями теплообміну у вакуум-апаратах є випарники і поверхневі конденсатори. Загалом ремонт поверхонь теплообміну вакуум-апаратів аналогічний ремонту трубчастих пастеризаторів, однак має деякі особливості. Нещільність у з'єднаннях, через які відбувається підсисання повітря, виявляють після створення вакууму в апараті за відхиленням відкритого полум'я (свічки або сірники), а також появи течі у разі заповнення апарату водою.

Перед ремонтом поверхні теплообміну, які контактують з продуктом, очищують циркуляцією содового розчину протягом 8 год, систему промивають гарячою водою і чистять щітками і металевими йоржами.

Сопло термокомпресора (інжектора) очищують від накипу соляною кислотою. Під час збирання термокомпресора дуже важливо забезпечити співвісну всіх його елементів (сопла, дифузора) і їх початкове взаємне розташування. Розбирати термокомпресор без особливої потреби не рекомендується.

Мідні поверхні вакуум-апаратів під час ремонту лудять. Після ремонту вакуум-апарат збирають, перевіряють на герметичність, регулюють і здають в експлуатацію.

Ремонт гідромеханічних машин. Мішалки є найпростішими і найпоширенішими у харчовій промисловості гідромеханічними машинами. Вони є двох типів: вертикальні та горизонтальні.

Вертикальні мішалки ремонтують після повного видалення решток продукту й очищення. Основними вузлами, які ремонтують, є корпус, привід, змішувальний пристрій, опорні пристрої вала, пристрої для встановлення термометрів, рівномірів тощо.

У горизонтальних мішалках ремонтують корпус, привод, змішувальний пристрій, вальниці і сальники. У горизонтальних мішалках-кристалізаторах, крім указаних вище вузлів, ремонтують поверхні теплообміну, сальникові пристрої і перехідні труби, які іноді збільшують у діаметрі.

Ремонт змішувального пристрою складається з обстеження стану дисків охолодження, особливо якості зварних швів.

Виявлені дефекти (тріщини, раковини, порушення суцільності листа, корозійні руйнування – пітінги тощо) усувають зварюванням окремих ділянок пошкодженої поверхні теплообміну.

Відстійники застосовують для освітлення рідин і згущення суспензії. У них ремонтують корпус, трубовад, скребки для видалення осаду, конічні перегородки між секціями (яруси), привід, трубопроводи для відведення деканату і запірну арматуру.

Новий тип відстійника (з фільтрувальним шаром осаду) ремонтують зазвичай так само, як і гравітаційний. Додатково ремонтують пристрої для гасіння піни та приготування суспензії поліакриламідом. Особливу увагу звертають на горизонтальність патрубків для відведення деканату на накривці відстійника.

Ремонт пневматичних пресів. У процесі експлуатації преса зношуються гумові поршні, втулки, манжети, кільце, фланець, наріз на кінцях стяжок, облицювання пресувальних полок деталі редуктора і крана керування. Якщо під час руху пресувальних полок втулки заїдають, то полки знімають з преса і розточують втулки на

більший діаметр. Наліт на штоці зачищають наждачним папером. Зношені деталі замінюють новими.

Основні причини порушення нормальної роботи клапанів і золотників пневмосистеми пресів такі: потрапляння в них сторонніх частинок, заїдання і зношування ущільнювальних кілець. Для усунення цих несправностей деталі системи промивають у гасі, а кільця замінюють. У разі закупорювання отворів деталі відмочують у гасі і продувають чистим сухим стисненим повітрям. Проколювати отвори забороняється, оскільки на їх внутрішніх стінках утворюються задирки, які скорочують строк служби ущільнення рухомих з'єднань. Зношені клапани, латунні трубки і гумові рукави пневмосистеми замінюють.

9.5. Ремонт транспортуючого обладнання

На переробних підприємствах широко застосовують стрічкові і ланцюгові конвеєри.

Ремонт стрічкових конвеєрів. Основними вузлами стрічкових конвеєрів, які піддаються зношуванню і пошкодженням, є привідна і натяжна станції, тяговий і робочий органи — стрічка, опорні ролики і напрямні для стрічки.

У привідній і натяжній станціях та в опорних роликах зношуються зазвичай вальниці, вали, передавачі привідного механізму. Ремонтують їх звичайними способами.

Відповідальним і важливим є ремонт прогумованої стрічки, до основних дефектів якої належать тріщини, розшарування і розриви. Ці несправності усувають, не знімаючи стрічки за допомогою переносного вулканізатора.

Залежно від ступеня зносу стрічку частково або цілком замінюють. Зношені кромки підшивають, стики прошивають пасами.

Найпоширеніший спосіб з'єднання стрічки є зшивання внапусток. Для тонких стрічок з розшаруванням кінців на два ступеня, а для товстих (не менше 4 прокладок) — ступінчастим розшаруванням. Попередньо розмічають отвори у стрічці (рис. 9.6). Потім пробивають їх пробійником і зшивають вшивальниками.

Плоскі стрічки перед склеюванням ретельно зачищають рашпілем, або наждаком, знежирюють поверхню, на чисту поверхню накладають сиру гуму і змащують 3–4 рази гумовим клеєм з просушуванням після кожного намазування протягом 30–40 хв. Після такої підготовки накладають верхній кінець стрічки на нижній так, щоб лінії обрізування і краї стрічки збігалися. Склеювати кінці стрічки починають з верхнього ступеня і в міру накладання кожен ступінь прокочують роликом, а після з'єднання пресують роликом

весь кінець. Склеєну стрічку витримують добу, після чого її вулканізують. Всі перелічені операції виконують на щитах.

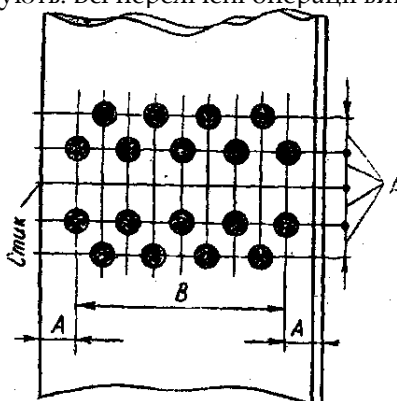


Рис. 9.6. Розміщення отворів на стрічці під час зшивання

Складання пасових передавачів. Під час монтажу пасових передавачів потрібно забезпечити паралельність валів ведучого і веденого шківів і збігання середніх площин обох шківів. Установлення, перевірку і виправлення взаємного положення вальниць і валів пасового передавача виконують способами, розглянутими під час монтажу валів і вальниць.

Шківів, які встановлюють, повинні мати чисто оброблену поверхню обода, без задирок і забоїн. Шківів шви-

дієсних передавачів слід точно відбалансувати на спеціальних верстатах або пристроях.

Робочі шківів насаджують на вал з напруженою посадкою. Найпоширеніші такі способи кріплення шківів на валу: на клиновій і призматичній шпонках або на конусній шийці призматичною шпонкою.

На циліндричні вали шківів напресовують спеціальними пристроями, звертаючи особливу увагу на правильність розміщення шпонкових канавок на валу і в маточині та на щільність посадки шпонки. Для чіткого збігання шпонкових канавок вала і маточини під час напресовування застосовують тимчасову напрямну шпонку, яку потім виймають і замінюють постійною. Забивають шпонку ударами мідного молотка з боку торця вала. Кінець шпонки має обов'язково знаходитися врівень із маточиною.

У випадку однакової ширини ободів шківів бокові поверхні парних шківів мають лежати в одній площині. Цю перевірку здійснюють лінійкою, а за великих відстаней натягують шнур. Якщо шківів розміщені правильно, то лінійка або шнур торкаються кромek ободів обох шківів, зберігаючи прямолінійність напрямку.

Під час складання шківів перевіряють на торцеве і радіальне биття.

З'єднують кінці пасів одним із таких способів: склеюванням, вулканізацією, жорсткими і шарнірними металевими з'єднаннями зшиванням. Кращим способом є склеювання.

Для шкіряних пасів застосовують косе, а для прогумованих — ступінчасте склеювання нарізаних відповідним чином шарів прокладок.

Прогумовані паси вулканізують у спеціальних пристроях і пресах.

Пристрій для вулканізації прогумованих пасів з паровим підігріванням плит складається з двох чавунних плит, у яких є змійовики із труб діаметром 50 мм. Нижню плиту встановлюють нерухомо на рамі, верхню підвішують на важелях. Під час вулканізації пас зажимають між плитами металевими балками за допомогою відкидних болтів. У верхній плиті є отвір для термометра. У змійовик подають пару, яка підтримує температуру плити в межах 130–140 °С. Процес вулканізації залежно від розмірів паса триває 1–1,5 год.

Пристрій з електричним підігріванням плит складається з двох алюмінієвих ребристих плит, між ребрами яких розміщено спіраль з ніхромового дроту. Під час вулканізації плити стискають за допомогою балок і болтів. Для замірювання температури в одному з ребер є отвір для термометра.

Для запобігання розтріпуванню кінців паса, а також для зміцнення місця стику в разі з'єднання зшиванням паси прошивають струною діаметром 1,5–2 мм уздовж стику в «ялинку».

Натяг пасів і транспортної стрічки після складання здійснюється пристроєм, який можна встановити під будь-яким кутом до осі стрічки, що дозволяє виконати правильний її натяг.

Змонтовані пасові передавачі задовольняють технічним вимогам, якщо:

- пас під час руху розміщений чітко посередині шківа, збігання його з однієї кромки обода і звішування не допускаються;
- натяг паса не дуже сильний;
- склеєний, зшитий або з'єднаний стик кінців паса не спричиняє різкої ударної дії клинового паса і не виступає із канавки шківа, і не торкається дна канавки.

Якщо в передавачі декілька пасів, то рекомендується замінювати всі паси.

Під час ремонту шківів проточуванням діаметр зменшують так, щоб лінійна швидкість пасів змінилася не більше ніж на 5% початковою. Для додержання колишнього передатного відношення рекомендується проточувати обидва шківи.

Радіальне і осьове биття відремонтованих шківів за ободом і торцем має не перевищувати допустимих меж.

Шківи з великою масою після ремонту піддають балансуванню.

Після ремонту деталей пасових передавачів потрібен правильний монтаж.

Ремонт ланцюгових конвеєрів. Ланцюгові конвеєри за конструкцією близькі до ланцюгових передавачів. Основними вузлами і деталями, які зношуються і пошкоджуються, є привідна і натяжна станції, тягові органи — ланцюги, напрямні для тягового органа і окремі елементи робочих органів (дюльки, пластини, скребки).

Під час ремонту ланцюгових конвеєрів виникають такі несправності тягових ланцюгів: не обертаються ролики, ролики набігають ребордами на кромки напрямних або труться втулками на їх вертикальних стінках, утворюється перекіс ланцюгів (тяговий орган складається з двох ланцюгів), з'являються поштовхи тягового органу на трасі.

Набігання роликів або тертя втулок на напрямних — результат зміщення, зближення і криволінійності напрямних. Для усунення старанно перевіряють правильність положення напрямних відповідно до установочного креслення.

Перекуси ланцюгів є наслідком нерівномірного їх натягу. Тому потрібне відповідне регулювання натяжних пристроїв.

Поштовхи під час руху ланцюгів виникають через наявність зазорів у стиках напрямних або уступів і вибоїн. Усунути цей дефект можна наплавленням металу у місцях їх утворення.

Під час ремонту перевіряють стан каркаса і станини. Деталі привідної і натяжної станції ремонтують способами, описаними раніше.

Під час експлуатації норій, елеваторів, підіймачів зношуються башмаки з натяжним пристроєм, головки труб, вальниці кочення і вали, стрічки, ланцюги, барабани, зірочки, ковші, а також деталі редукторів і електродвигунів. Технологію відновлення деяких вказаних деталей було розглянуто раніше.

Кожухи башмаків і головок під час ремонту замінюють або накладають латки з подальшим зварюванням. Щілини, що утворилися в норійних трубах, усувають нанесенням шпаклювання, наскрізні отвори — накладенням латок з тонколистової сталі з подальшим приварюванням суцільним швом. Люки, що відкриваються, і дверці виправляють і встановлюють на них нові прокладки. За незначного зносу стрічок невеликі місцеві пошкодження можна виправити, обшивши їх кромки шпагатом або наклеївши невеликі латки. За значного зносу стрічки її замінюють новою або вставляють ділянки з нової або малозношеної стрічки. У разі зносу ланцюга замінюють окремі її ланки або валики, що вийшли з ладу, і втулки.

Окремі зношені і деформовані ковші ремонтують шляхом виправлення і крапкового зварювання. Несправні ковші замінюють через натяжний люк. Затягування елеваторних болтів, що забезпечують кріплення ковшів до стрічки (ланцюгу), має бути щільним і

рівномірним. Відремонтовані транспортні пристрої обкатують спочатку вручну, а потім із увімкненим електродвигуном за встановлених огорож муфт, привідних пасів (ланцюгів) протягом 4 год. Під час випробування усувають збігання і зачіпання стрічки (ланцюга) і ковпів за стінки труб, головки і башмака.

Гвинтові конвеєри ремонтують у разі зносу жолоба і кінців витків внаслідок стирання їх продуктом, що транспортується; обриву витків внаслідок великого завантаження і завалів конвеєра; зносу підвісних вальниць і шийок проміжних валів через відсутність змащування або забруднення її пилом.

За незначного зносу жолоба його ремонтують шляхом усунення деформацій і накладання латок, за значного — секції жолоба замінюють новими. Погнуті витки конвеєра виправляють, а зірвані замінюють новими. Площини витків мають бути розташовані перпендикулярно до осі валу. Після приварювання витків вал перевіряють на верстаті, оскільки при зварюванні він може деформуватися. Водночас проточують і шліфують шийки валів, до яких потім підганяють нові вкладиші. Відремонтований конвеєр прокручують вручну і, якщо під час прокручування витка пір'я не зачіпають за стінки жолоба, а радіальне і осьове биття вала не перевищує відповідно 0,3 мм і 0,0001 довжини конвеєра, приступають до випробування на холостому ходу від електродвигуна. Випробування за встановлених огороджувальних приводу і верхніх накривок жолоба проводять протягом двох годин.

У лебідок зношуються деталі редуктора храпового механізму, клинопасового передавача. Під час ремонту їх відновлюють або замінюють на нові.

Під час ремонту технологічного обладнання переробних підприємств великий обсяг робіт пов'язаний з усуненням несправностей механізмів приводу, особливо ланцюгових і пасових передавачів.

Після закінчення ремонту перевіряють плавність ходу конвеєра, паралельність ведучого і веденого вала та закріплених на них зірочок.

Складання ланцюгових передавачів передбачає встановлення і закріплення зірочок на валах, монтаж і регулювання ланцюга.

Встановлення і закріплення зірочок на валах виконується із дотриманням тих самих правил і прийомів, які застосовують під час складання шківів пасових передавачів. Після закріплення зірочок на валу їх перевіряють на радіальне і торцеве биття.

Биття зірочок замірюють звичайними методами. Непаралельність валів і зміщення зірочок визначають за тими самими схемами, що й під час монтажу пасових передавачів. Зміщення зірочок усувають регулюванням і встановленням компенсуючих елементів.

Під час роботи ланцюг має провисати. Найбільша величина провисання визначається умовами роботи ланцюгових передавачів. Стріла провисання у горизонтальних і похилих (до 45°) ланцюгових передавачів становить до $0,02L$, а для передавачів з похилом понад 45° і вертикальних – $0,002-0,003L$ (рис. 9.6). Ланцюг з нормальним провисанням правильно вкладається на зуби зірочок, внаслідок чого зменшується зношування деталей.

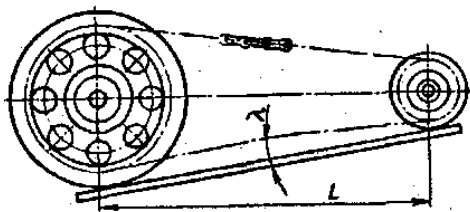


Рис. 9.6. Перевірка провисання ланцюга

Ланцюги з'єднують за допомогою перехідних ланок на верстаті або безпосередньо на вузлі машини, коли ланцюги покладено на зірочки. У цьому випадку кінці ланцюга натягують за допомогою спеціальних стяжних пристроїв. Втулково-роликові ланцюги натягують за допомогою пристрою (рис. 9.7а), який

складається із стяжної шпильки 1, що має праву і ліву нарізі; двох гайок 2 з привареними до них скобами 4.

Під час складання ланцюга 3 скоби 4 надівають на кінцеві ролики ланцюга і, обертаючи ключем шпильку 1, натягують ланцюг. На рис. 9.7б зображено пристрій для натягування пластинчатих зубчастих ланцюгів.

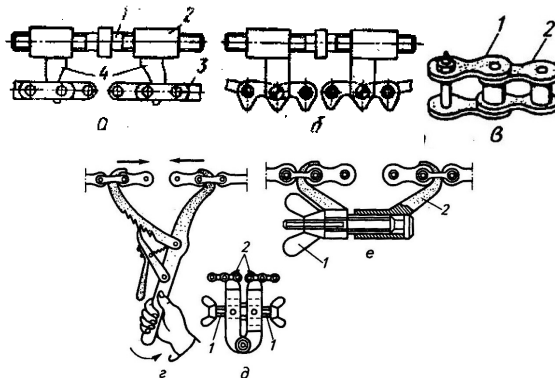


Рис. 9.7. Пристрої для натягу і з'єднання ланцюгів:

а, б – стягання ланок ланцюга за допомогою двохходових гвинтових пристроїв; в – з'єднання ланок ланцюга: 1 – ланка перехідна; 2 – ланка звичайна; г – стягання ланок ланцюга за допомогою пристрою-важеля; д, е – стягання ланок ланцюга за допомогою гвинтових пристроїв: 1 – гвинт; 2 – скоба

Ланцюги перед встановленням на зірочки промивають у гасі і змащують машинним мастилом. Складені ланцюгові передавачі задовольняють технічним вимогам, якщо:

- крок ланцюга точно відповідає кроку ланок зірочки і під час прокручування передавача ланцюг плавно, без ударів і ривків, набігає на зуби зірочок і плавно виходить із зачеплення з ними;

- змонтований ланцюг має нормальне провисання і під час руху не торкається близько розміщених, деталей машини або кожуха; відстань від ланцюга до них має бути не менше 20 мм вздовж дуги огинання зірочок і не менше 50 мм на прямих ділянках рухомих віток;

- ланцюги передавача, працюють плавно, з рівномірним шумом, без ударів і коливань.

Трубопроводи. У процесі експлуатації в трубопроводах з'являються різні несправності. Для труб характерні дефекти – тріщини, розриви, свищі, а також порушення нарізних, зварних та інших з'єднань. Під час ремонту трубопроводів часто потрібно визначати точні кордони тріщин. Для цього з дефектного місця видаляють ізоляцію, рясно змочують його гасом, а через 0,5 год ретельно витирають і простукують молотком. У тих місцях, де є тріщина, на поверхні труби виступає гас у вигляді дрібних крапель і бульбашок.

Тріщини в чавунних трубах усувають дуговим зварюванням або за допомогою клейових складів. Перед зварюванням зону тріщини в чавунній трубі очищають до металевого блиску від бруду, масла, бітуму, іржі. На кінцях тріщини просвердлюють отвори діаметром 4–6 мм для того, щоб надалі вона не збільшувалася в довжині. Зварюють тріщину чавунними електродами. Якщо товщина стінки труби більше 5мм, то з кромки тріщини знімають фаски.

Тріщини в чавунних трубах можна також зварювати біметалічними електродами. Ці електроди складаються з мідного дроту діаметром 2–4 мм, обмотаного смужкою чорної жерсті завтовшки 0,2–0,35 мм і шириною 5–6 мм з крейдяною обмазкою. Зварювання біметалічними електродами зазвичай ведуть за зворотної полярності. Якщо тріщина невелика, то її можна усунути, приклеюючи накладки. Для цього на кінцях тріщини свердлять отвори, знімають фаску на глибину 3–5 мм. Тріщину і очищену поверхню навколо неї знежирюють ацетоном і просушують, а потім наносять клейовий склад, ставлять накладку із склотканини і накочують її роликком. Після цього повторно наносять шар клейового складу, ставлять іншу накладку таким чином, щоб вона перекривала першу на 10–15 мм, накочують її і висушують з'єднання.

Для усунення тріщин, свищів й інших дефектів у сталевих трубах застосовують дугову і газову зварку. Якщо ділянка труби ура-

жена корозією, то це місце зачищають до металевому блиску, вирізують сталеву накладку, розміри якої перевищують пошкоджену ділянку на 30–40 мм, і приварюють її.

Під час експлуатації трубопроводів зварні шви іноді пошкоджуються. Для усунення пошкодження застосовують електрозварювання. Для цього кінці труб ретельно готують. За товщини стінки більше 5 мм з кінців труби знімають фаски. Збирати і зварювати труби рекомендують за допомогою пристрою (рис. 9.8).

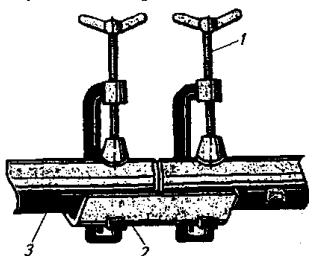


Рис. 9.8. Пристрій для збирання і стягування труб:

1 — струбцина; 2 — косинець;
3 — труба

Ділянки труб з пошкодженням нарізі, зруйнованими стінками і великими вм'ятинами замінюють новими, для чого ці ділянки вирізають і роблять вставки.

До різання труб ставлять такі вимоги: обріз труби має бути чистим, без зовнішніх і внутрішніх задирок. Трубу слід відрізувати до кінця; обламувати її перед закінченням обрізання не можна. Ріжуть труби ручним, механічним, га-

зополум'яним способами.

Для різання труб використовують ножівки, труборізи, трубовідрізні верстати і механізми. Поширений спосіб різання сталевих труб — газополуменеве різання за допомогою різаків.

Для з'єднання труб застосовують коротку і довгу нарізі. За короткої нарізі отримують з'єднання, роз'єднати яке можна, лише розрізаючи трубу. З'єднання на довгій нарізі, можна роз'єднати без розрізання труби — шляхом зганяння контргайки і муфти у бік довгого кінця нарізі.

Як ущільнення нарізних з'єднань використовують льняне пасмо і сурикову рідку мастику, герметики, герметик-стрічку. Для з'єднання труб широко застосовують фланці.

Поліетиленові труби з'єднують зваркою за допомогою газополуменевого або електричного нагрівача, а також за допомогою муфт і склеювання.

Внутрішній водопровід після ремонту піддають гідравлічному випробуванню за правилами і вимогами, що ставляться до монтажу нового водопроводу. Якщо під час ремонту було замінено невелику ділянку труб, замість гідравлічного випробування перевіряють відремонтовану ділянку водопроводу на витік води і герметичність зварних швів під робочим тиском мережі. Після випробування во-

доповідь дезінфікують розчином хлорного вапна і промивають водою до повного видалення запаху хлору.

Для дезінфекції зазвичай використовують розчини з концентрацією активного хлору 75–100 мг/дм³ за контакту 5–6 год і 40–50 мг/дм³ за контакту до 24 год. Хлорний розчин готують на місці в дерев'яній бочці, куди засипають виміряну кількість хлорного вапна, розбавляють водою і ретельно перемішують. Після закінчення часу контакту хлорну воду спускають в місце, вказане санітарно-епідеміологічної службою.

Зовнішня поверхня сталевих і чавунних трубопроводів піддається корозії. Тому для запобігання від корозії після ремонту їх покривають ізоляцією. Процес нанесення ізоляції складається з очищення поверхні труб, ґрунтування і накладання ізоляції. Очищують труби вручну, або з використанням шліфувальних механізмів. Поверхню очищують від бруду, іржі і окалини до металевого блиску. Як ґрунтування зазвичай використовують розчин бітуму в трьох частинах бензину. Розчин готують так. Розігрівають бітум до рідкого стану в казані, потім його наливають в бак і дають остигнути до температури 70–80 °С. Після охолодження його обережно вливають в посудину з бензином і безперервно перемішують дерев'яною мішалкою до повного розчинення бітуму. Ґрунтування наносять рівним шаром завтовшки 0,1–0,2 мм без патьоків, згустків і пропусків. Накладати ґрунтування слід відразу після очищення труб. На висоті ґрунтування укладають вручну або за допомогою спеціальної машини бітумну ізоляцію, приготовану з бітуму і наповнювача.

Арматура. Під час ремонту арматури усувають несправності кранів, засувки, вентилів, клапанів. Найбільш характерні дефекти кранів — тріщини і пробойні в стінках корпусу, знос або зрив нарізів, знос спряжень деталей корпусу і пробок, що труться, знос або пошкодження сальникових ущільнень.

Тріщини, зломи і пробойні в корпусі крана заварюють. Зношені посадочні місця під пробку в корпусі розточують і шліфують, зношений конус пробки проточують на токарному верстаті. Утворені конусні поверхні пробки і отвору притирають, використовуючи абразивні мікропорошки і притиральні пасти. Після притирання поверхні доводять. Для цього застосовують спеціальні пасти. Притирають поверхні вручну або за допомогою пристроїв. Якість притирання можна перевірити таким чином. Досухо витирають пробку і отвір ганчіркою, потім крейдою проводять подовжню межу, вводять пробку в отвір і обертають її вправо і ліво. Якщо лінія стирається рівномірно, то притирання вважають задовільним.

Під час ремонту сальникових кранів набивку замінюють або оновлюють. Як сальникове набивання застосовують прядиво або

льняне волокно, а також кільце з гуми або прогумованої тканини.

Основні несправності вентилів, засувок і зворотних клапанів і способи їх усунення наведено в табл. 9.2.

Таблиця 9.2

Основні несправності трубопровідної арматури і способи їх усунення

Несправність	Спосіб усунення
Запірний вентиль	
Знос сідла і тарілки клапана	Притерти; проточити на токарному верстаті і притерти
Заїдання клапана	Те саме
Заїдання шпінделя	Змастити, повернути шпіндель
Знос шпінделя	Замінити або наплавити з подальшою нормалізацією, проточкою і шліфуванням до нормального розміру
Вигин шпінделя	Замінити шпіндель
Пропуск води через вентиль	Притерти ущільнювальні поверхні; якщо в ущільнювальному кільці є ризики або раковини, то потрібно проточити його на верстаті з подальшим шліфуванням і притиранням
Запірна засувка	
Заїдання клінкера або шибера	Очистити від бруду; притерти, виправити покороблену тарілку; виправити або замінити ущільнювальне кільце
Заїдання шпінделя	Змастити, повернути шпіндель
Пропуск рідини через засувку	Притерти ущільнювальні поверхні; виправити або замінити кільцеве ущільнення
Зворотний клапан	
Порушення або припинення дії у разі потрапляння стороннього предмета	Витягнути сторонній предмет і прочистити зворотний клапан

9.6. Характерні дефекти і способи відновлення типових деталей

Різальні робочі органи. Для переробки сільськогосподарської продукції масове вживання отримали ручні обвалювальні ножі, хрестові ножі і ножові решітки промислових м'ясорубок (дзиг), ножі кутерних і відцентрових бурякорізальних установок й інші різальні робочі органи. Різальний інструмент експлуатується в умовах знакозмінних динамічних навантажень і в агресивній середі, тому його відносять до деталей, що швидко зношуються. Витрати на

інструмент за період експлуатації устаткування порівнянні з вартістю машин.

Під час різання харчової сировини зношуються головним чином ріжучі кромки інструмента, при цьому втрати металу становлять не більше 1–2% його початкової маси. Це свідчить про наявність значного залишкового ресурсу і про необхідність відновлення і зміцнення різального інструмента.

У м'ясній промисловості велику частину обладнання становлять м'ясоподрібнювальні машини. Надійність їх роботи і якість отриманого продукту багато в чому залежать від зносостійкості деталей різального комплексу (ножів і решіток). Основна причина виходу з ладу різальних інструментів — зношування. Його інтенсивність особливо підвищується під час переробки замороженого м'яса і м'ясо-кісткової сировини.

У хрестових ножів найбільш частий дефект — знос різальних поверхонь (зменшення їх лінійних розмірів) і затуплення леза. Наявність цього дефекту погіршує якість подрібнення продукту, призводить до різкого підвищення температури в зоні різання і зростання енерговитрат на обробку маси, що переробляється.

На м'ясопереробних підприємствах працездатність хрестових ножів відновлюють шляхом щозмінних перезаточувань на шліфувальних верстатах. Цей спосіб найбільш простий, але відновлювати працездатність хрестових ножів заточуванням можна лише до певної межі, обмеженої невеликою висотою різальних поверхонь.

Зношені хрестові ножі можна відновлювати шляхом встановлення на штифти додаткових ремонтних різальних пластин, виконаних із сплавів з високою зносостійкістю. Проте в місцях з'єднання пластин з ножем на їх поверхнях виникають осередки фреттинг-корозії, що викликають прискорення процесу зношування.

Поширений спосіб відновлення хрестових ножів — дугове наплавлення. Підготовка кромок ножа під наплавлення полягає в знятті вздовж фасок розмірами 3 мм х 45°, а потім його піддають піскоструминній обробці. Для зменшення схильності до тріщиноутворення ножі перед наплавленням нагрівають до 300–400 °С.

Наплавлення електродами ЗН-60М, ОЗИ-3, ОЗЛ-6 рекомендують вести на постійному струмені зворотної полярності короткою дугою ($I=80-100\text{A}$ — для електродів діаметром 0,3 мм і $I=160-240\text{A}$ — для електродів діаметром 0,5 мм). Вживання наплавлення дозволяє підвищити довговічність хрестових ножів в 3,5–4 рази, поліпшити їх працездатність і різальні властивості.

Для відновлення зношених ножів на деяких підприємствах використовують наплавлення лежачим електродом під флюсом. Електродами служать металеві пластини або трубки. Перед наплавлен-

ням проводять підготовчі операції. Щоб уникнути короткого замикання поверхню ножа (лезо), що наплавляється, покривають шаром гранульованого плавного флюсу АН-348А завтовшки 3–5 мм. Над ним укладають електрод, затиснутий в спеціальному електродотримачі. Поверхню електрода покривають рівним шаром легуючої шихти, що складається з сухих порошкових матеріалів. Іноді для цього використовують легуючу шихту у вигляді пасти, а для закріплення порошоків — рідке натрієве скло.

Спосіб наплавлення пластинчастим електродом відрізняється простотою, не вимагає спеціального зварювального обладнання, дозволяє легко управляти отриманням заданих властивостей і складу наплавленого металу за рахунок відповідного легування через електрод із сталі, а також через керамічні флюси або легуючу порошкову шихту. Крім відновлення робочих поверхонь хрестових ножів цей спосіб можна використовувати для наплавлення віяльних пластин пресів, молотків дробарок і інших деталей, що швидко зношуються та мають плоскі поверхні.

Розроблено технологію відновлення хрестових ножів тисненням в штамповому оснащенні. Технологічний процес відновлення такий (рис. 9.9). Нагрітий до температури $1100+50^{\circ}\text{C}$ зношений ніж 2 установлюють в ручай матриці 6 на центруючу оправку 4.

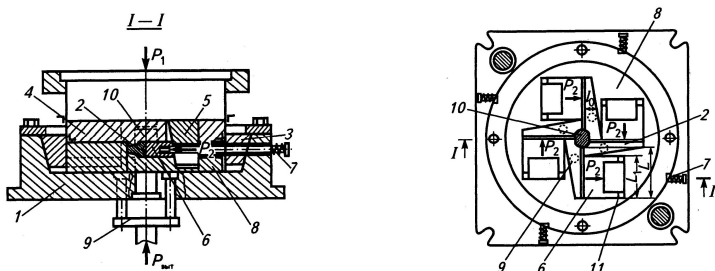


Рис. 9.9. Оснащення для відновлення хрестових ножів:

- 1 – корпус; 2 – ніж; 3 і 9 – вертикальний і горизонтальний пуансони; 4 – оправка; 5 – клини; 6 – матриця; 7 – пружини; 8 – виштовхувальна частина; 10 – гідравлічний виштовхувач; 11 – обмежувачі

За робочого ходу преса клини 5 переміщують горизонтальні пуансони 9 у напрямі відновлюваного ножа 2. У разі деформації передньої поверхні ножа метал переміщається в порожнечі струмка матриці 6 і заповнює їх. У момент закінчення робочого ходу горизонтальних пуансонів 9 і завершення формоутворення передньої різальної поверхні починається деформація скошеним виступом вертикального пуансона 3 задньої неробочої поверхні ножа 2. Ме-

тал, що в результаті перерозподіляється, остаточно заповнює вийми струмка матриці 6. У штамповому оснащенні поряд з відновленням розмірів ріжучих кромок відбувається відновлення зношеної маточини ножа за рахунок переміщення запасу металу із задньої (неробочою) частини до зношених ділянок.

Після закінчення процесу деформації вертикальний пуансон 3 і клини 5, закріплені на траверсі преса, відводяться, при цьому горизонтальні пуансони 9 під дією пружин 7 переміщуються до упору обмежувачів 11 в стінки матриці 6, а потім поковка ножа 2 видаляється з матриці 6 виштовхувачем 10.

Завершальний етап технології – механічна обробка штампованого ножа з подальшими операціями гартування і низьким відпуском.

Нерухомі ножові решітки виготовляють у вигляді дисків з круглими отворами. Розміри решіток визначаються параметрами м'ясорубки, на якій вони функціонують, а конструкція – видом продукту, що переробляється. Кромки отворів решіток – різальні вздовж периметра, які виконують подовжні кругові надрізи продукту. Якість подрібнення залежить перш за все від гостроти різальних кромок отворів. Їх затуплення (дефект 1, рис. 9.10) призводить до збільшення зусиль різання і енерговитрат, а якість різання продукту знижується. Тому плоскість решіток щозмінно заточують до виведення слідів завальцювання різальних кромок.

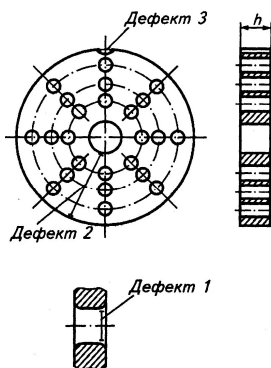


Рис. 9.10. Дефекти ножових решіток промислової м'ясорубки:
h – товщина решіток

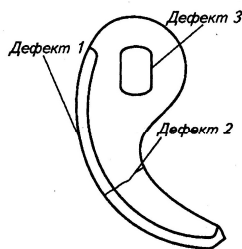


Рис. 9.11. Дефекти ножів кутерів

Оскільки обидві площини ножової решітки робочі, у разі затуплення різальних кромek однієї плоскості можлива перестановка решіток.

У разі потрапляння в подрібнюваний продукт твердих домішок збільшуються динамічні навантаження на решітки, що зумовлює виникнення тріщин і призводить надалі до поломки решіток (дефект 2, рис. 9.10).

Поширений дефект решіток — розбиття паза шпони (дефект 3, рис. 9.10). Наявність такого дефекту знижує якість різання і навіть є причиною руйнування решіток.

Працездатність решіток відновлюють шліфуванням з подальшим притиранням.

Оскільки під час роботи ножові решітки піддаються інтенсивному корозійно-механічному зношуванню, їх, виготовляючи, зміцнюють.

До основних дефектів, що утворюються в процесі експлуатації ножів кутерів, відбувається затуплення і знос різальної кромки (дефект 1, рис. 9.11), утворення сколів і тріщин на лезі (дефект 2, рис. 9.11), знос посадочного отвору (дефект 3, рис. 9.11).

Затуплення різальної кромки призводить до зростання силової дії на ніж. Це пов'язано, перш за все, з тим, що ніж кутера починає не різати, а м'яти подрібнюваний продукт. Як результат перед різальною кромкою скупчується щільна маса деформованого м'яса, яка знижує продуктивність кутера, підвищує температуру фаршу і погіршує його якість. Підтримують необхідну гостроту різальних кромek ножів щозмінним перезаточуванням.

У разі утворення сколів і тріщин ножі кутерів вибраковують.

Знос посадочного отвору ножа спричиняє за собою дисбаланс ножового вала і, як наслідок, підвищення навантаження на вальниці. Крім того, порушується зазор між ножом і чашею, що збільшує час кутерування і погіршує якість фаршу.

У разі зносу посадочного отвору ножі кутерів вибраковують.

Основний недолік існуючих конструкцій різальних органів, зокрема ножів кутерів, — їх низька ремонтпридатність.

Відновлення різальних властивостей полягає лише в шлюсарно-механічній обробці різальної кромки. Тому під час виготовлення і відновленні різального інструмента обладнання для переробки сільськогосподарської продукції велику увагу приділяють його зміцненню.

Один із способів зміцнення різальних інструментів — поверхнева пластична деформація. Обробку наклепуванням застосовують для зміцнення стрічкових і дискових пилок. Спочатку пилки піддають ступінчастій або ізотермічній обробці, після чого здійснюють відпуск

на твердість HRC45-50, потім для додаткового зміцнення накочують роликками. Для цього зуби чеканять (вручну або на напівавтоматичних верстатах) і пліють вершини зубів пилок, що водночас з підвищенням зносостійкості інструмента дозволяє виключити операцію розведення зубів.

Ефективне застосування алмазного вигладжування для зміцнення інструмента з твердістю до HRC65. Цей універсальний метод може замінити операції остаточного шліфування, полірування, доведення і суперфінішування. Обробку виконують спеціальним інструментом — вигладжувателем, оснащеними сфероїдальними, трапецієподібними або конусоподібними деформуючими елементами, виготовленими з синтетичних надтвердих матеріалів: ельбору, гексаніту, композиту тощо. Зносостійкість вигладженої поверхні в 2–3 рази більше, ніж шліфувальної, і на 20–40% — полірованої. Найбільш ефективно застосування алмазного вигладжування у разі попереднього нанесення зносостійких хромових покриттів на різальну частину інструмента. При цьому поліпшується зчеплення покриття з основним матеріалом, підвищується втомна міцність інструмента.

Практика зміцнення деталей показує доцільність застосування криогенної обробки для цементованих і азотованих інструментів. Режим криогенної обробки сталей з насиченим поверхневим шаром аналогічний прийнятому для вуглецевих або легованих інструментальних сталей з таким самим вмістом вуглецю і легованих домішок, як і в поверхневому шарі.

Як джерела помірного холоду (до -70°C) під час обробки інструментів використовують аміачні і фреонові установки, для отримання потрібної температури (до -135°C) — криогенні. Можна також застосовувати криогенні апарати, в яких криогентами служать тверда вуглекислота, рідкий азот і кисень, повітря тощо.

Під час виробництва різального інструмента для м'ясної промисловості частіше за інших застосовують процес цементації, що виконується в твердому карбюризаторі або газовому середовищі за температури $900\text{--}920^{\circ}\text{C}$.

У решітках до дзиг після цементації в твердому карбюризаторі на товщину шару 1,6–2 мм і подальшого нагріву в звичайній атмосфері поверхневий шар насичується вуглецем на глибину до 1,2 мм, тому твердість на поверхні досягає $\text{HV} = 470$, максимальна твердість ($\text{HV} = 660\text{--}700$) спостерігається на глибині 0,4–1 мм. Якщо врахувати, що решітки після термообробки шліфують на глибину 0,4 мм, то працездатний шар видаляється після двох-трьох переточувань інструмента. Тому найбільш ефективні процеси термодифузійного зміцнення інструмента під час використання поверхневого насичення іншими елементами.

Порівняльні промислові випробування решіток з дифузійними покриттями і що серійно випускаються (без покриттів) показали, що комплекти робочих органів дзиг, що серійно випускаються, затуплялись і переточувалися через 16–20 год роботи, а комплекти з дифузійними покриттями після 160–170 год залишалися в робочому стані. Часткове затуплення наставало приблизно через 180–190 год роботи.

Електроіскрове легування застосовують для зміцнення різального інструмента і робочих органів обладнання м'ясної і птахопереробної промисловості, зокрема кутерних ножів із сталі 40X13 і дискових ножів із сталі 40X13.

Зміцнюють ножі електродом з вольфрамокобальтового твердого сплаву ВК60М на установках електроіскрового легування.

Установлено, що стандартні ножі мають ресурс до чергового переточування 26 год, ті самі ножі після зміцнення електроіскровою обробкою — понад 35 год.

Зміцнення інструментів у 1,5–2 рази підвищує їх ресурс, зменшує витрату і знижує затрати на переточування і відновлення.

У хліборізальних машин рамного типу під час виробництва здобних сухарів у міру затуплення ножів зростають зусилля різання, погіршується якість зрізу, збільшується кількість крихти та деформованих шматків. Заточують ножі на спеціальних пристроях за порівняно невеликих частот обертання абразивного інструмента і малої подачі на абразив. При цьому необхідне рясне змочування заточуваного інструмента рідиною, що охолоджує. Це пов'язано з тим, що мала товщина лез утрудняє відведення теплоти від зони заточування. Інтенсивні режими призводять до перепаду лез і значного зниження періоду їх працездатності.

Правити пластинчасті ножі безпосередньо в машині можна за допомогою переносного електрифікованого абразивного інструмента з кашковим кругом.

Під час заточування і правлення різального інструмента особливу увагу слід звернути на те, щоб абразивний і металевий пил не попав на хліб або сухарні плити. Після заточування ножі протирають, а потім миють гарячою водою і досуха витирають. Якщо ніж після заточування і миття відправляють на зберігання, то його необхідно піддати консервації.

Ножі без їх знімання з машини правлять лише за відсутності напівфабрикату в подавальних і відвідних пристроях та зоні різання. Після правлення ножі протирають сухою м'якою тканиною. За відсутності обдування слід також протерти напрямні і стабілізатори.

Зменшення товщини ножів дозволяє знизити тертя в міжножовому просторі хліборізальних машин. Однак при цьому знижу-

ється стійкість ножів, що призводить до появи хвилястого зрізу. Збільшення натягу ножів неприйнятне, оскільки статичне навантаження на поперечка рам або барабанах досягає великих значень. Добрі результати під час використання тонких ножів в машинах рамного типу дає їх ексцентричне натягнення, що забезпечує підвищену стійкість різальної кромки. При цьому отвори для кріплення ножових пластин мають бути на 2–3 мм зміщені у бік різальної кромки. Оптимальний кут заточування 17–20°.

Рамні конструкції і корпусні деталі. Основні дефекти рамних конструкцій — поява тріщин по зварних швах і вигин елементів. Після попереднього оброблення швів тріщини заварюють дуговою зваркою електродом Д-42а, Д-46а, МР-3, АНО-4, АЗС-12 тощо.

Режим зварювання (діаметр електрода і силу зварювального струму) встановлюють залежно від товщини стінок елементів металоконструкцій.

Тріщини рам, виготовлених з профільного прокату, усувають заварюванням із застосуванням підсилювальних накладок. Один із способів зварювання рамних конструкцій — напівавтоматичне зварювання дротом у вуглекислому газі. Зварювання ведуть із застосуванням зварювальних проволочок Св-08Г2С, Св-10ГА і інших діаметром 0,8–2 мм. Погнуті елементи правлять в холодному або підігрітому стані. Підігрів газовим полум'ям застосовують за значних вигинів або скручування. Підігрівають до світло-червоного кольору (800–850 °С) на площі в 1,5–2 рази більше деформованої ділянки.

Основні дефекти корпусних деталей — тріщини, знос посадочних поверхонь під вальниці, ушкодження нарізі. Технологію їх усунення розглянуто раніше.

Деталі типу «вал». Під час ремонту устаткування для переробки продукції тваринництва і рослинництва трапляються такі основні дефекти валів, валків і валиків: знос паза шпони; знос і пошкодження нарізі; знос посадочних поверхонь під вальниці кочення, ковзання і робочі колеса; вигин. Технологія їх усунення розглянута раніше.

У механічних майстернях борошномельних підприємств великий обсяг робіт виконують з обробки робочих *поверхонь вальців*. Обробляють їх на шліфувально-рифельних верстатах.

Основні вузли шліфувально-рифельного верстата: станина з рухливим столом, на якому розміщені дві стійки з вальницями ковзання — люнети (правий люнет переміщається на рухомому столі залежно від довжини вальця); поворотна стійка, на якій розміщені шліфувальний круг і два супорти для кріплення різців; ділильна колонка для встановлення храповиків, що забезпечують під час нарізання заданий крок рифлів; похила балка-куліса для виконання

заданого ухилу рифлення під час нарізання; три електродвигуни.

Обробка вальця включає два етапи: шліфування поверхні і нарізка рифлів.

Валець, що підлягає обробці, ретельно очищують від забруднення, за допомогою талі укладають в люнети і закріплюють. Водночас ліву півкулю торцевим патроном з'єднують з коробкою швидкостей. Останню можна встановлювати на дві швидкості обертання оброблюваного вальця для шліфування і для нарізання.

Під час шліфування поворотну стійку повертають в таке положення, за якого закріплений на ній шліфувальний круг торкався б поверхні вальця. Процес шліфування робочої поверхні складається з трьох етапів: чорнового, чистового, оздоблювального.

Шліфувати рекомендується «мокрим» способом. Для цього застосовують 5% водний розчин каустичної соди або 3% розчин мильного порошку.

Поверхня вальців після шліфування має бути гладкою з матовим відтінком, без задирок і слідів старих рифлів. Правильність циліндрової поверхні перевіряють індикаторною скобою і металевою плитою. Після закінчення шліфування на торцях вальців залишають фаску до 5 мм за довжини вальця, проточену під кутом 30°.

На режим нарізання верстат налаштовують у такому порядку. Поворотну стійку повертають, і супорти різців розташовуються над поверхнею вальця. За кількістю зубців підбирають храповик дільної колонки і укріплюють його на стійці головки.

Коромисловажильний механізм установлюють на задану подачу зубців храповика. Шляхом нахилу лінійки кулісного механізму за таблицею на станині підбирають заданий ухил рифлів. На заданий профіль рифлю різець заправляють за шаблоном і закріплюють у супорті. Коробку швидкостей перемикають на нарізання.

У процесі нарізання постійно стежать за якістю рифлів. При крупній нарізці (4–6 рифлів на 1 см) вальці можна нарізати без попереднього шліфування (за умови точного встановлення різця по старій нарізці). Перед мілкою нарізкою (більше 7 рифлів на 1 см) вальці шліфують повністю. Готові вальці виймають з верстата, укладають на стелажі, на торці крейдою відзначають кількість і ухил рифлів.

У разі багатосортних помелів пшениці застосовують вальці з шорсткою поверхнею. У такому випадку вальці обробляють на спеціальному електроерозійному верстаті за допомогою електричних розрядів. На місці розряду метал плавиться, і його видаляють з поверхні вальця, залишаючи поглиблення — лунки. Діаметр і глибина останніх знаходяться в прямій залежності від сили енергії розряду. Шорсткість робочої поверхні характеризується шириною і щільністю лунок.

Згідно з рекомендованими режимами обробки, параметри дунок хитаються у таких межах (на 1 см²): глибина 15–20 мкм, щільність 70–90. Обробляють водночас обидва вальця, що працюють у парі.

Деталі насосів, вентиляторів і сепараторів. Відновлення корпусних деталей, валів, зубчастих коліс насосів, вентиляторів і сепараторів розглянуто раніше. У відцентрових насосів пошкоджені захисні втулки, накривки і кільця сальників, ґрунд-буksi під час складання насосів замінюють новими. Під час капітального ремонту замінюють також сальникові набивання, картонні й інші прокладки ущільнювачів незалежно від їх технічного стану.

Робочі колеса можуть мати такі дефекти: тріщини, знос поверхонь лопаток по товщині, пошкодження пазів шпон, знос поясоків ущільнювачів. Робочі колеса з тріщинами і зносом поверхонь лопаток за товщиною замінюють новими. Дефекти пазів шпон усувають звичайними способами. Знос поясоків ущільнювачів — частий дефект робочих коліс. В цьому випадку зазор між пояском колеса і захисним кільцем корпусу збільшується, перевищуючи допустимий. Дефект усувають, проточуючи або шліфуючи пояски ущільнювачів коліс під ремонтний розмір захисного кільця, яке виготовляють із зменшеним внутрішнім діаметром двох ремонтних розмірів.

Електродвигуни з насосами з'єднують муфтами, дефектами яких можуть бути тріщини, знос посадочної поверхні під вал насоса і електродвигуна, знос пазів шпон. У разі тріщин і зносу посадочних поверхонь муфти замінюють новими. У разі зносу пазів шпону в муфтах, що перевищує допустимий рівень, під кутом 90° роблять нові пази.

У деяких насосах зовнішні поверхні муфт з'єднуються з вальнями ковзання. Під час роботи ці поверхні зношуються. Муфти з такими дефектами шліфують до ремонтного розміру і встановлюють вальничну втулку також ремонтного розміру.

Відцентрові насоси типу К з електродвигунами для приводу з'єднують за допомогою двох напівмуфт (одна на валу насоса, інша на валу електродвигуна). Дефектами напівмуфт можуть бути тріщини, злами, знос посадочних поверхонь під вали, а також у деяких випадках викришування, раковини поверхонь отворів під сполучні пальці. Під час ремонту напівмуфти з такими дефектами замінюють новими. У разі зносу пазів шпон більше допустимого, у муфтах під кутом 90° роблять новий паз.

У насосів НМЦ-6, НМЦ-36 МЦ10-20 у разі тріщин, будь-якого облому і зносу робочих поверхонь або пошкоджень нарізі крильчатки та корпус насоса бракують.

Вм'ятини накривки усувають виправленням на верстаті за допомогою спеціального пристосування або виправляють молотком,

заздалегідь нагріваючи дефектне місце газовим пальником.

Тріщини і дефектні нарізні отвори фланця заварюють, нагріваючи деталь перед зварюванням до температури 280–300°C у електроді, і нарізають різьблення номінального розміру.

У разі зносу паза шпони наконечника фрезерують новий паз під кутом 90° до колишнього. Наконечник бракують у разі зносу посадочних поверхонь більш допустимих під крильчатку і вал електродвигуна.

Патрубок, дифузор, клапан, кільце графітове й інші неметалічні деталі бракують за будь-яких тріщин і облому.

У насосах 36-1Ц1,8-12, 36-1Ц2,8-20, 50-1Ц7,1-31, 75-1Ц14,0-31 знос ущільнювальних манжет і шийки вала усувають заміною наконечників вала і ущільнень.

Деформацію робочого колеса усувають молотком з використанням дерев'яної прокладки.

Розроблений технологічний процес відновлення наконечників відцентрових насосів типу 50-3Ц7,1-20 газополум'яним напиленням з наступним зміцненням мікродуговим окисдуванням (МДО).

Схема технологічного процесу показано на рис. 9.12.

Наконечники, що надходять в ремонт, очищають від бруду і жирів відкладень за допомогою мийних засобів типу Лабомід-315 і Лабомід-102. Очищені деталі піддають дефектації, потім проводять механічну обробку. Для отримання потрібної шорсткості поверхню, що підлягає напиленню, піддають абразивно-струминній обробці. Шорсткість поверхні після обробки має бути $R_a=120-60$ мкм.

Газополумєневе напилення проводять в два етапи: напилення підшару порошком ПТ-Ю5Н і напилення основного шару алюмінієвим порошком САС-2.

Після напилення наконечника відновлювану поверхню піддають механічній обробці. Для обробки застосовують токарно-гвинторізний верстат типу 16К20. Поверхні обробляють з припуском під МДО. Після механічної обробки напилених поверхонь деталі готують для їх мікродугової обробки. Деталі знежирюють у водному розчині, що містить 5–10 г/л NaOH, 40–50 г/л $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$ і 3–5 г/л Na_2SiO_3 , потім деталі промивають у воді, після чого поверхні, що не підлягають зміцненню, ізолюють.

Підготовлені деталі вмонтовують на підвіску і опускають у ванну з електролітом. Окисдування здійснюють в електроліті такого складу: КОН — 2,8–3,2 г/л, Na_2SiO_3 — 5–7 г/л.

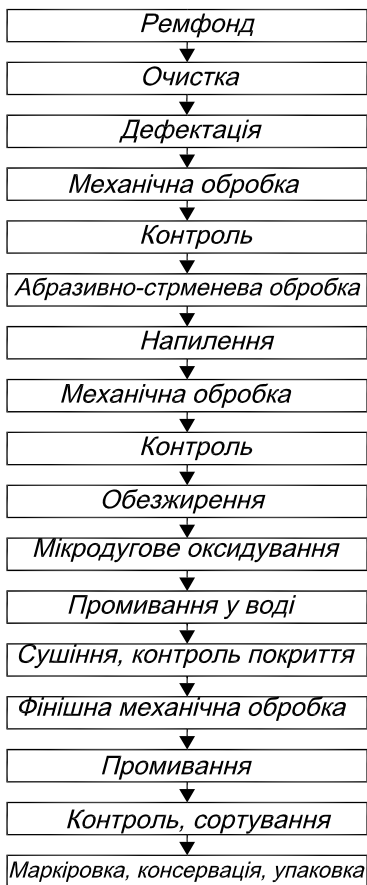


Рис. 9.12. Схема технологічного процесу відновлення і зміцнення наконечників насосів типу 50-3Ц7,1-20

Зношене набивання сальника замінюють. Відремонтовані бронзові деталі лудять.

Основна частка відмов вентиляторів припадає на електродвигуни. Дефекти і способи їх ремонту наведено у наступному розділі.

9.7. Ремонт типових складаних одиниць обладнання

Устаткування для подрібнення матеріалів. У дробарки кукурудзи ПДК основні дефекти — знос пальців і дисків (рис. 9.13).

Після МДО деталі знімають з підвіски, промивають в проточній воді кімнатної температури, сушать і проводять фінішну механічну обробку. Останню здійснюють на верстаті типу 3М150 за допомогою еластичного абразивного інструмента, який складається з пелюсток абразивної шкірки, закріплених між двома дисками. Під час обертання інструмента обробку здійснюють периферійною частиною пелюсток шкірки.

У ротаційних насосів типу НРМ-2 зношуються корпус, зуби ротора, набивання сальника, нарізі шпильок кріплення накривки до корпусу, а також полуда на деталях з бронзи. Передчасний знос поверхонь деталей зазвичай зумовлений неправильним збиранням насоса, що виражається в надмірному затягуванні сальника, нерівномірному приляганні накривки до корпусу (перекіс), перекосом ротора й іншими причинами. У разі несвоєчасної підтяжки гайки сальника насос не працюватиме на всмоктування через підсисання повітря через сальник.

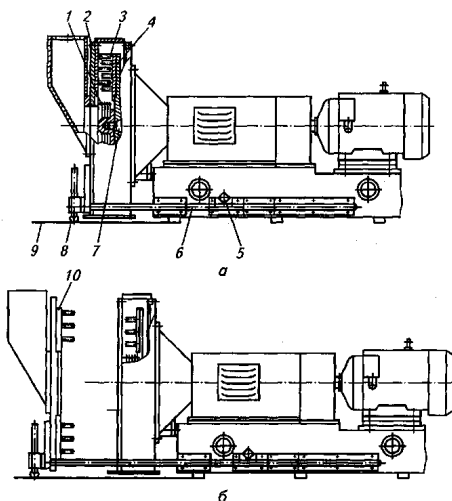


Рис. 9.13. Дробарка ПДК:

а – загальний вигляд; б – дробарка підготовлена до ремонту робочих органів; 1 – решітка; 2 – накривка; 3 – палець; 4 – ротор; 5 – вісь; 6 – рейка; 7 – вал; 8 – ролик; 9 – смуга; 10 – нерухомий диск

Для підготовки дробарки до ремонту спочатку відвертають маховички на накривці 2 і відкидають відкидні болти. Потім, встановивши спеціальний ключ на осі 5 з квадратом і використовуючи рейку 6, пересувають накривку 2 зі встановленим на ній нерухомим диском 10 на відстань, достатню для проведення ремонтних робіт.

Для того щоб забезпечити плавне пересування ролика 8 в механізмі переміщення, поверхня смуги 9 має бути рівною і гладкою. Знос торців пальців не має бути більше допустимого. Максимальний радіус округлення торця має становити не більше 6 мм на довжині 12–16 мм, а зазор між торцем пальця і притискним диском має не перевищувати 6–8 мм. Зношені пальці замінюють новими.

У притискних дисках (притискний і несучий диск входять до складу ротора) зношуються посадочні місця під пальці. Диски з овальною формою отворів під пальці замінюють на нові.

Під час заміни притискних дисків і пальців відвертають болти, що кріплять притискні диски до несучого диска, знімають притискний диск разом з пальцями, а потім зношені пальці вибивають.

Перед установленням нових пальців перевіряють масу кожного з них. Пальці з однаковими відхиленнями за масою встановлюють на диск діаметрально протилежно.

Перед встановленням пальців перевіряють урівноваженість притискного диска, встановивши його на несений диск. За наявності дисбалансу неуврівноважена маса під час повороту дисків розташовується вниз.

Урівноважити диск можна, прикріпивши різні вантажі до притискного диска. Урівноважений диск під час повороту зупинятиметься в будь-якому положенні. Потім зняти вантаж, зважити його, зняти притискний диск і зробити вибірку металу з внутрішнього спіднього боку притискного диска на більшому діаметрі (між рядами пальців). Маса вибраного металу має дорівнювати масі зваженого вантажу.

У разі деформацій несеного диска замінюють ротор, знімають його спеціальним знімачем.

Після заміни деталей і робочих органів проводять профілактичний огляд і регулювання дробарки.

У дробарок для подрібнення овочів і плодів деформуються і руйнуються зварні шви каркасів, рам і станин. Їх виправляють, а зруйновані з'єднання заварюють. Зношені деталі редуктора замінюють новими або відновленими. Затуплені різальні ножі і диски заточують, а поламані замінюють новими.

Для подрібнення зерна під час виробництва борошна на борошномельних заводах широко застосовують вальцьові млини і верстати, наприклад ЗМ.

Перед початком ремонту вальцьовий верстат ретельно очищують від залишків продукту, патьоків мастила, пилу тощо. Порядок розбирання верстата такий. Знімають верхні і нижні дверці. Виймають щітки, захисні щитки, клапани, дно живлячої коробки. Від'єднують гвинт паралельного зближення вальців від штока поршня гідравлічного (або механічного) автомата. Послаблюють гайки затягування амортизаторів, відводять від верстата штурвальний механізм і звільняють «яблуко» хвостовика нижньої букси, після чого розкріплюють і знімають штурвальний механізм. Вивертають горизонтальні стяжні болти, знімають праву і ліву верхні вставки, футляр шестерінчастого передавача вальців, привідний шків і зубчасті колеса.

Знімають накривки з корпусів верхніх вальниць, послаблюють стяжні втулки, звільняють швидкообертальний валець, прибирають роликові вальниці і виймають швидкообертальний валець. Розкріплюють і виймають нижні вставки. Звільняють повільнообертальний валець, розкріплюють і знімають з осей нижні корпуси вальниць, виймають повільнообертальний валець.

Знімають автомат гідравлічного (або механічного) приводу, розкріплюють і виймають стопорні кільця і корпуси вальниць живлячих валиків, а потім — і самі валики. Розкріпивши «хомут», зні-

мають живлячу трубу. Прибирають датчик і систему важелів. Вивертають кріпильні гвинти, знімають секторну заслінку і механізм регулювання живлення. За потреби виймають привально-відвальний валик.

На тріщини станини встановлюють накладки на стопорах або заварюють їх. Проводити цю роботу можна тільки за наявності спеціального дозволу і дотримання правил техніки безпеки. Якщо тріщину усунути неможливо, то станину замінюють.

У штурвального механізму звертають увагу на нарізі тяги і гайок, зубів храпового колеса і ексцентрикового пальця. Під час розбирання верстатів можуть статися поломка штурвального механізму і вигин гвинта. У такому випадку штурвальний механізм замінюють, гвинт за можливості виправляють. Якщо зуби храпового колеса і упор значно зношені, то цей вузол замінюють.

Під час збирання штурвального механізму пружини амортизаторів лівого і правого рухливих вальниць затягують однаково (висота їх в стислому стані має дорівнювати 215 мм). Це забезпечує нормальну роботу верстата при технологічному тиску між вальцями до 700 кг для кожної пружини.

У гідравлічного (механічного) автомата найчастіше зношуються зубчасті колеса, валики, прокладки, які слід замінювати новими.

Ремонт датчиків автомата механізму живлення полягає в його очищенні від налиплого продукту та заміні зношених деталей. Ретельно очищають (за необхідності замінюють) всі шарнірні з'єднання, домагаючись, щоб вони працювали без заїдань. З верхнього бункера верстата видаляють сторонні предмети.

У механізму живлення через відсутність змащувального матеріалу і перекосу зношуються шийки живлячих валиків, вальниці, зубчасті колеса, вальці, вилки і зуби кулачкової муфти. Знос шестірні і приводу механізму живлення, забруднення каналів гідросистеми приводять до відмови в роботі механізму вмикання живлення за привалу-відвалу вальців. Їх відновлюють або замінюють новими.

Волокнисті матеріали, що потрапляють у верстат разом з продуктами помелу, намотуються на гвинт регулювання секторної заслінки і шарнірні з'єднання, що спричиняє заклеювання механізму регулювання живлення. Причинами порушення надходження у верстат продукту можуть стати ослаблені пружини секторної заслінки і перекіс щитка.

Зношені деталі (після попереднього очищення механізму живлення) замінюють. У резервуар заливають нове мастило, усувають всі виявлені перекоси, регулюють секторну заслінку і гвинтові механізми. Остаточню механізм живлення налаштовують під час роботи верстата.

Нормальна робота міжвальцьової шестерінчастого передавача верстатів найчастіше порушується через знос або поломку зубів шестерінчастого передавача. Зуби, у свою чергу, виходять з ладу, якщо зубчасті колеса неправильно підібрані, нещільно посаджені або перекошені, шпонки ослаблені, немає змащування. Ослаблення шпонки призводить до осового зміщення шестерень, які, упираючись в стінку футляра, зношують її. Зношені колеса замінюють.

Під час підбору нових зубчастих коліс треба стежити за тим, щоб в притиснутому положенні вершини зубів одного з них не упиралися в дно западин іншого. Перед закріпленням на шпонку колесо прокручують вручну.

Вальці зі зношеними рифлями необхідно своєчасно замінити. Знос визначають органолептично. Зношені рифлі недостатньо подрібнюють продукт, що надходить. У цьому випадку можна зменшити міжвальцьовий зазор, що призводить до збільшення затрат потужності, зниженню завантаження і нагріву продукту.

Пару вальців замінюють водночас у такій послідовності:

- зупиняють електродвигун (за індивідуального приводу) і знімають привідні паси;
- прибирають огороження пасового передавача;
- знімають кожух міжвальцьової шестерінчастого передавача, верхні дверці і чоки;
- знімають клинові шпонки і прибирають за допомогою знімачів привідний шків і шестірні міжвальцьового передавача;
- вигвинчують болти для стягування отворів боковин;
- знімають верхні вставки, козирки, решітку огорожі вальців і аспіраційний щит;
- роз'єднують гвинт паралельного зближення вальців з автоматом;
- вигвинчують болти корпусів вальниць верхнього вальця, повертають корпуси вальниць в отворах боковин;
- виймають за допомогою талі з верстата верхній валець і звільняють його від вальниць;
- знімають фіброві прокладки, нижні вставки, накривки корпусів нижніх вальниць, відпускають гайки і вивільняють розрізну конусну втулку роликової вальниці;
- відпускають гайки буферної пружини і звільняють лапки корпусів нижніх вальниць;
- знімають вальниці з цапф боковин і вальців;
- виймають з верстата нижній валець.

Нові вальці укладають в зворотній послідовності. При цьому, перш за все, перевіряють якість їх обробки. Вальці, що працюють у парі, замінюють одночасно. Вальці встановлюють відповідно до за-

даного варіанта взаєморозташування рифлів. Наприклад, розташовуючи рифлі «вістря по вістря» грані вістря швидкообертового вальця встановлюють з верстата. Під час розташування «спинка по спинці» грань спинки швидкообертового вальця встановлюють всередину верстата, а грань вістря повільнообертового — з верстата.

Під час заміни вальців слід чітко дотримуватися вимог техніки безпеки. Заборонено виймати або встановлювати вальці, а також переміщати їх без спеціальних талів, візків і інших пристосувань. Підлогу на час роботи слід закривати листами фанери (для запобігання пошкодженню і забрудненню).

Встановлюючи наново оброблені вальців, треба дотримуватися великої обережності, аби не пошкодити їх шийки і оброблену поверхню. Зазор між внутрішньою дерев'яною обшивкою станини і торцем вальця з обох боків має дорівнювати 5 мм.

Для контролю за роботою вальцьового парку на кожному борошномельному заводі має бути спеціальний журнал обліку заміни вальців. У ньому реєструють систему, характеристику вальців (довжина, діаметр, кількість, ухил, взаєморозташування рифлів, відношення окружних швидкостей, дату заміни, хто проводив заміну).

Перекоси вальців, їх вібрація спричиняють зріз нарізі кріпильних болтів корпусів вальниць, знос шийок вальців. Зношені деталі замінюють.

Під час збирання вальниць гайки закріпних втулок спеціальним ключем затягують повністю і укріплюють стопорними шайбами. Зовнішнє кільце правої вальниці має бути затиснуте між корпусом і накривкою букси, а зовнішнє кільце лівої вальниці — мати зазор не менше 2 мм, який потрібен внаслідок теплового подовження вальця під час роботи.

Якщо під час пуску верстата яка-небудь вальниця нагрівається, перевіряють зазор між зовнішнім кільцем лівої вальниці і накривкою. У останньому випадку його з вальниці видаляють, корпус промивають керосином і заповнюють новим мастилом.

У разі виявлення зривів нарізі в корпусах вальниць або станині просвердлюють отвори збільшеного діаметра, нарізають нову різь і підбирають болти, пробки або інші деталі відповідно до нового діаметра.

Після закінчення ремонту і перевірки якості роботи всі обгороджування встановлюють на місце і надійно закріплюють.

Перед ремонтом кісткодробарок виконують загальне розбирання дробарки, яка полягає в знятті приводу, розподільного і робочих валів, вузла спеціального ролика, механізму подачі, шестерень. Потім зливають мастило з редуктора, розбирають його на деталі та їх промивають. За необхідності у редукторі замінюють вали і шпонки, ку-

лькові вальниці, сальникові ущільнення. Потім збирають редуктор і випробують вали на легкість і плавність обертання. Далі розбирають муфту зчеплення і замінюють зношені деталі, очищають корпус дробарки від старого мастила і промивають, калібрують нарізні отвори.

Після цього розбирають вузли розподільного і робочого валів, замінюють зношені деталі, виставляють вали, проводять шабрування вкладишів корінних вальниць і підганяють під вал зубчасте колесо. Потім готують до загального збирання комплект клинових пасів, різальний інструмент, відремонтовані вузли і кріпильні деталі. Після збирання дробарку змащують і випробовують на холостому ходу з усуненням виявлених дефектів. Завершальні операції — остаточне закріплення обгороджування і випробування дробарки під навантаженням.

Під час ремонту кутерів виконують загальне розбирання, яке полягає в знятті із станини візка, механізму завантаження, вивантажника і його тарілки, чаші з ножовим валом.

У разі зносу вальниць вала чаші їх замінюють на нові. У разі затуплення серпоподібних ножів їх заточують.

Знос посадочних місць валів під вальниці усувають наплавленням з подальшою механічною обробкою під номінальний розмір.

Після збирання кутерів перевіряють наявність мастила у всіх змащуваних точках, натягнення пасів приводу ножового вала і редуктора чаші, можливість їх прокручування. Зазор між захисною накривкою і чашею має бути 0,1–0,15 мм. Його регулюють спеціальним упорним гвинтом, закріпленим в захисній накривці кутера, навпроти центрального виступу чаші і двох болтів, установлених на осі обертання накривки. Зазор між ножами і чашею має бути 1,5–2 мм. Його регулюють переміщенням ножа на валу в напрямі, перпендикулярному осі вала. Поворот регульовального гвинта відносно упору на 1/4 оберту забезпечує радіальне переміщення ножа на 0,625 мм. Зазор між чашею і тарілкою для вивантаження продукту встановлюють 1–3 мм. Холосте обкатування кутера починають з прокручування його валів вручну за допомогою клинопасового передавача. Потім обкатують кутер 3–4 години за допомогою електродвигуна.

Після холостого обкатування кутер випробовують на сировині (фарш), яку завантажують у чашу, що обертається. Кутерування проводять 8–12 хв, до того ж спочатку завантаження чаші має становити 60–70% від повної її місткості.

М'ясорізку (дзигу) розбирають у такій послідовності. Відкривають гайку циліндра, розбирають різальний механізм (сітку і хрестові ножі), потім знімають робочий і приймальний шнеки, задній

щиток, клиновий ремінь, шків редуктора, передній щиток, завантажувальну чашу, корпус приймального шнека, шків редуктора, боковий щиток, електродвигун.

Технологія відновлення різального інструмента розглянуто раніше. Посадочні місця під вальниці, зірочки, шківів відновлюють наплавленням з такою механічною обробкою під номінальний розмір.

Зношені пальці шнеків замінюють на нові. Зношені гвинтові лопаті шнеків відновлюють наплавленням з подальшою обробкою на токарному верстаті. У шнека МП-7 зазор між шнеком і циліндром має не перевищувати 0,3-0,4 мм.

Після збирання дзиги проводять ревізію різального механізму і робочого шнека. При збиранні шийки шнеків і різального механізму змащують харчовим жиром.

Потім, прокручуючи вал електродвигуна за паси вручну, контролюють легкість обертання валів. Виявлені дефекти усувають і проводять випробування короткочасними пусками на холостому ходу. Необхідно уникати зайвих холостих ходів за відсутності у різальному механізмі змащування або подрібнюваної сировини, оскільки робота на «сухих» ножах призводить до їх передчасного затуплення. Після закінчення випробувань під навантаженням поверхні дзиги, дотичні з сировиною, що переробляється, стерилізують кип'ятком. Потім всі ці поверхні (чаша, корпус, робочий шнек, живильні шнеки, корпус живильних шнеків, ножі і решітки) протирають насухо, просушують і змащують тонким шаром несолоного харчового жиру.

Устаткування для сортування матеріалів. У процесі ремонту просіювача А2-ХПВ визначають стан сита барабана, ножів, підп'ятників вала барабана, сита і вертикального шнека, сальникових пристроїв, вузлів відцентрового дозатора тарілчастого типу, привідного вала з клиноплідними шківками.

За необхідності ремонтують вали барабана і шнека, пір'я шнека. Замінюють вальниці, що вийшли з ладу, штамповане сито барабана, гумоармовані манжети, сальникові ущільнення, клиноподібні паси. Після остаточного збирання просіювача змащують всі точки згідно зі схемою змащування і випробують машину на холостому ходу. Потім перевіряють зазори між ножами і ситом барабана і випробовують просіювач під навантаженням.

Устаткування для обробки тиском. В процесі експлуатації пневматичного преса зношуються гумові поршні, втулки, манжети, кільце, фланець, нарізі на кінцях стяжок, облицювання пресувальних полиць, деталі редуктора і крану управління. Якщо в процесі руху пресувальних полиць втулки заїдають, то полиці знімають з

преса і розточують на більший діаметр. Наліт на штоку зачищають наждачним папером. Зношені деталі замінюють новими.

Основні причини порушення нормальної роботи клапанів і золотників пневмосистеми пресів такі: потрапляння в них сторонніх часток, заїдання і знос кілець ущільнювачів. Для усунення цих несправностей деталі системи промивають в керосині, а кільця замінюють. У разі закупорювання отворів деталі відмочують у керосині і продувають чистим сухим стислим повітрям. Простромлювати отвори забороняється, тому що на їх внутрішніх стінках утворюються задирки, що скорочують термін служби ущільнень.

У разі падіння тиску в пневмоциліндрах ущільнення рухливих з'єднань, а також зношені клапани, латунні трубки і гумові рукави пневмосистеми замінюють.

У гідравлічного преса ремонтують масляний насос і гідроциліндр, редуктор, пресовий шнек.

Під час ремонту насоса редуктор і гідроциліндр розбирають і дефектують деталі. Зношені деталі замінюють новими або відновленими. Дефекти робочої поверхні циліндра усувають розточуванням з хонінгуванням. Зношені манжети замінюють новими. Характерними дефектами пресувального шнека є знос посадочних місць під вальниці, тріщини і деформації. Їх усувають звичайними способами.

9.8. Устаткування для осадження, фільтрування, перемішування і змішування матеріалів

Устаткування для осадження і фільтрування матеріалів.

Перед ремонтом сепаратора зливають масло з картера. Потім розбирають складанні одиниці горизонтального вала і веретена. Розбирати сепаратор без особливої необхідності не рекомендується. Сепаратор розбирають обережно, чітко дотримуючись порядку, викладеному в інструкції заводу-виготовлювача.

Після розбирання всі деталі, що обертаються, очищають, оглядають і виміряють. Найбільш відповідальні деталі (веретено, тарілкоутримувач, тарілки, особливо розділові, вальниці тощо) обстежують за допомогою лупи, а за підозри на наявність тріщин використовують технічні засоби рентгенової і ультразвукової дефектоскопії.

У сепараторів зношуються деталі привідного механізму горлової опори, барабана тощо. Так, молочний сепаратор типу СОМ-3-1000 має такі характерні дефекти: знос нарізі трубки основи барабана; знос шпонки і паза шпони; руйнування гумового кільця; пошкодження тарілок і порушення балансування барабана; знос під'ятника, черв'ячного колеса, муфти.

Під час ремонту сепараторів великий обсяг робіт пов'язаний з усуненням дефектів деталей привідного механізму. Їх знос характеризується стороннім шумом, підвищеною вібрацією, повільним розгоном барабана й іншими ознаками.

У відцентрових фрикційних муфтах в першу чергу зношуються накладки 5 (рис. 9.14) на колодках 2, які виготовлені з фрикційного матеріалу, і самі колодки 2. Про знос накладок можна судити за тривалим розгоном барабана (більше 8 хв), при цьому частота його обертання менше потрібної.

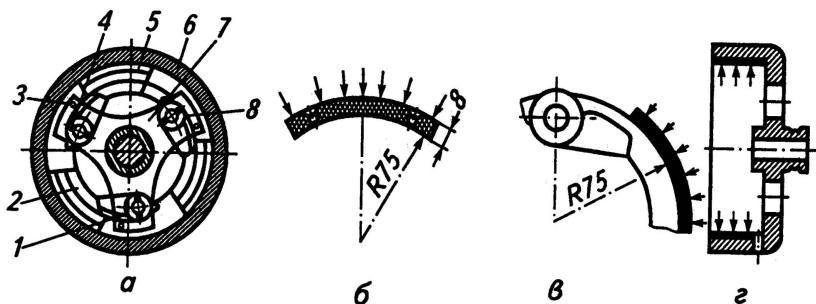


Рис. 9.14. Відцентрова фрикційна муфта сепаратора:

а – муфта в зборі: 1 – вісь колодки; 2 – колодка; 3 – штифт; 4 – шпінт;
5 – накладка; 6 – бандаж; 7 – диск; 8 – шайба; б – накладка; в – колодка
з накладкою; г – бандаж (стрілками показані поверхні зносу)

Під час ремонту муфти сепаратора її слід розібрати, для чого знімають електродвигун із станини. На валу двигуна залишається диск 7 з колодками. Колодки 2 і відповідні їм осі 1 маркують, наприклад кернінням. Це необхідно для того, щоб після ремонту колодки були встановлені на свої осі щоб уникнути порушення балансування муфти.

Для зняття колодок 2 з осей 1 видаляють шпінти 4, знімають шайби 8 і колодки 2 з накладками 5. Замаслені накладки промивають в бензині. Зношеними вважають накладки, якщо їх товщина зменшилася на 50%.

Перед установленням колодки з накладками зважують, а розбіжність в їх масі має бути не більше ± 3 г. Колодки ставлять на осі, надівають на них шайби і вставляють шпінти. Потім колодки зводять разом, скріплюють і встановлюють електродвигун на станину. Диск з колодками заводять в бандаж, закріплений на горизонтальному валу сепаратора, і прикріплюють двигун до станини. Після цього проводять пробний пуск. Під час пуску може з'явитися дим,

що допустимо, оскільки накладка ще не приробилася до бандажа.

Для визначення втрати пружності пружин горлової опори вимірюють їх висоту, пружини, що осіли, замінюють. У разі осідання хоча би однієї з пружин горлової опори потрібно замінити весь комплект. Нові пружини повинні мати однакову пружність, яку визначають, вимірюючи їх висоту у вільному і стислому (витки мають торкатися) стані, при цьому відхилення має не перевищувати $\pm 0,3$ мм. Для забезпечення однакової пружності пружин в робочому стані, тобто під час обертання веретена, в процесі збирання горлової опори пробки пружин слід загвинчувати повністю.

Технологію усунення дефектів деталей сепараторів розглянуто раніше.

Балансування барабанів виконують на спеціальних верстатах або пристосованих для цього станинах сепараторів. З цією метою в станині супроти верхньої частини веретена роблять виріз. Під час перевірки збалансованості барабану надають номінальну частоту обертання і після від'єднання від приводу наносять олівцем позначки в місцях найбільшого биття. Положення дисбалансу спочатку визначають, торкаючись олівцем внутрішньої поверхні центральної трубки (рис. 9.15). Для урівноваження на кожух барабана з протилежного боку олівцевої позначки зсередини накривки барабана наплавають олово. Аналогічно усувають усувають биття веретена.

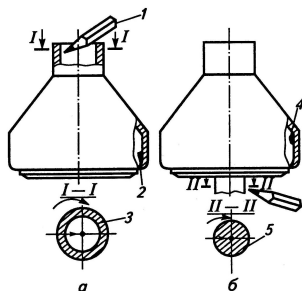


Рис. 9.15. Визначення положення дисбалансу сепаратора:
а і б - стадії балансування;

1 – олівець; 2, 4 – врівноважувальні вантажі; 3, 5 – позначки

Під час перевірки контури добре відбалансованого барабана за робочої частоти обертання різко обкреслені. Положення барабана за висотою регулюють гвинтом підп'ятника.

Кожен відремонтований сепаратор має бути випробуваний на стенді для перевірки якості ремонту на експлуатаційних обертах. Барабан має бути випробуваний на міцність під навантаженням на забірний воді за кутової швидкості, що забезпечує перевищення робочих навантажень на 25%.

Перед випробуванням на міцність барабана вимірюють не менше 3 разів основні розміри основи і накривки барабана в двох площинах. Місця вимірів відзначають фарбою. Після випробування знову проводять вимірювання у позначених місцях. Якщо при цьому буде виявлено деформацію деталей, то барабан знову піддають випро-

буванням на підвищених обертах. За повторного виявлення деформації деталі бракують. Тривалість основного випробування — 30 хв.

Під час випробування барабана на підвищених обертах в приміщенні, де встановлений стенд, для безпеки не має бути людей. Вмикають і вимикають сепаратор, а також регулюють частоту обертання дистанційно.

Сепаратор, що надійшов на випробування, перевіряють на предмет комплектності, наявності маркування і клем. Монтують сепаратор на випробувальному стенді на амортизаторах або спеціальній монтажній плиті, що має вмонтовані амортизатори. У ванну сепаратора заливають рекомендоване заводом-виготовлювачем змащувальне масло у необхідній кількості, вручну прокручують барабан сепаратора на повний оберт зубчастого колеса механізму і приєднують сепаратор до системи трубопроводів стенда. Потім встановлюють заземлення, під'єднують штатний електродвигун сепаратора до кабелів електроживлення, проводять пробний пуск, щоб переконатися в правильному напрямі обертання барабана.

Випробовують сепаратор після капітального ремонту за експлуатаційних обертів на таких режимах: на холостому ходу 5хв, під навантаженням на воді 240 хв. Під час випробування сепаратора на холостому ходу перевіряють тривалість розгону і швидкість обертання барабана, плавність ходу, шум зубчастих передавачів і вальниць, температуру нагріву бандажа і вальниць.

У разі випробування сепаратора під навантаженням на воді перевіряють силу струму, навантаження сепаратора за споживаною потужністю, щільність з'єднань, герметичність барабана, плавність ходу, шум зубчастих передавачів і вальниць, рівень вібрації, надійність дії гальм.

Після стендового випробування сепаратора піддають контрольному розбиранню для перевірки плям контакту в черв'ячному передавачі, а також визначення стану інших деталей. У разі виявлення несправностей дефектні деталі замінюють і цикл випробувань повторюють.

У разі повної справності сепаратор збирають і піддають контрольному випробуванню під навантаженням протягом 30 хв, після чого зливають мастило.

Для випробування відремонтованого сепаратора в молокоприймач заливають 4–5 л підігрітої води. За нормальної частоти обертання вода має виходити з обох ріжків, а її витік через ущільнення і отвори під фіксатори тарілотримача і накривки не допускається. Барабан має набирати нормальну частоту обертання через 2–3 хв, а зупинятися без гальмування не менше чим через 3 хв.

Пуск сепаратора після ремонту проводять з великою обережністю. За появи підвищеної вібрації, шуму або стукоту, надмірного нагрівання вальниць і мастила в картері сепаратора негайно зупиняють, розбирають і усувають причини, що спричиняли порушення нормального режиму його роботи.

Відремонтований сепаратор загалом, його складанні одиниці і деталі мають бути пофарбовані. Допускається наявність старого барвистого покриття за умови міцного його зчеплення з ґрунтом або основним металом. Фарбування проводять після попередньої підготовки поверхні: видалення старого барвистого покриття, зачищення і знежирення.

Всі зовнішні поверхні сепаратора, окрім поверхонь з нержавіючої сталі і пластмаси, що мають захисні металопокриття, а також внутрішні поверхні станини, неробочі поверхні зубчастого колеса мають бути відшпакльовані, а потім пофарбовані у два шари.

Для оберігання поверхонь сепаратора від корозії за тривалості зберігання більше одного місяця проводять його консервацію в приміщенні за температури повітря не нижче 15 °С і відносної вологості не більше 70%. Непофарбовані поверхні горизонтального і вертикального валів і інших деталей мають бути очищені від забруднень, знежирені і висушені.

Консервацію проводять не пізніше 2 год після закінчення підготовки поверхонь. Для цього використовують рідкі консерваційні мастила К-17 або К-17Н. Барабан має бути законсервований і упакований в поліетиленову плівку окремо від сепаратора.

Основні дефекти сокової центрифуги типу РЗ-ПЦК-100: знос робочої спіралі внутрішнього барабана 6 і знос вальниць 2 (рис. 9.16). Під час розбирання центрифуги знімають внутрішній барабан, для чого знімають кожух обгороджування і трубу живлення 13 з пасткою 10, паси клинопасового передавача. Потім знімають планетарний редуктор 1 і осі 12 барабана, шків і накривки збірника 8. Осаджують осадок і фугат (рідку фазу) і видаляють залишки готового продукту. Після зняття накривки корпусу 9 вальниць 2 їх промивають і знову збирають і змащують. Зношені вальниці замінюють новими.

Знімають піввісь 3 з дисками з двох боків великого осаджувального ротора, відвертають гайки і шпильки, що кріплять фланці циліндрового і конічного барабанів. Зношену робочу спіраль гвинтового конвеєра 7 замінюють на нову.

Радіальний зазор між робочою стрічкою і внутрішньою поверхнею осаджувального барабана має бути не менше 0,5 мм.

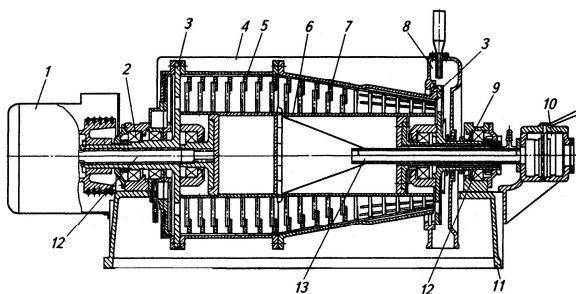


Рис. 9.16. Центрифуга РЗ-ПЦК-100:

1 – планетарний редуктор; 2 – вальниці; 3 – піввісь; 4 – кожух; 5 і 6 – зовнішній і внутрішній барабани; 7 – спіраль гвинтового конвеєра; 8 – збірник; 9 – накривка корпусу вальниці; 10 – пастка; 11 – станина; 12 – вісь; 13 – труба живлення

Зношені вальниці центрифуги замінюють на нові. Для цього заздалегідь розбирають ротор, що складається із зовнішнього 5 і внутрішнього 6 барабанів. Розбирання проводять в такій самій послідовності, як і під час заміни робочій спіралі.

Збирають ротор в послідовності, зворотній розбиранню.

Під час ремонту центрифуги за необхідності замінюють трубу живлення 13 і запобіжні решітки в пастці 10.

Після збирання центрифуги регулюють натягнення пасів. Провисання після натиснення на паси із зусиллям 8-100Н має не перевищувати 20–25 мм. Перевіряють і за необхідності доливають масло в редуктор. Потім центрифуги випробують.

У процесі експлуатації фільтрів типу ФВД спостерігаються механічні пошкодження опорних, лобової і притискної плит, знос штанги і гайки, порушення лакового покриття опорних плит, знос і вихід з ладу гумових ущільнень, порушення щільності прилягання плит внаслідок неправильного встановлення фільтра тощо. Характерні дефекти насоса і з'єднувального з приводом пристрою — знос вальниць, сальникових втулок, робочого колеса і притискної букси насоса, черв'яка і бронзової втулки, гумових діафрагм дозатора. Після заміни деталей, що швидко зношуються, остаточно збирають фільтр і перевіряють правильність його установки по рівню. Перед встановленням ретельно оглядають стан оглядових ліхтарів (скляні деталі, що вийшли з ладу, замінюють), пробноспускних кранів і манометрів. Потім монтують підводні та відвідні трубопроводи. Точки мащення дозатора, насоса змащують згідно з картою змащування. Перед введенням фільтра в експлуатацію перевіряють гер-

метичність пластин спочатку на воді, а потім на продукті. Теча при цьому не допускається.

У гідроциклонів ремонтують відцентровий насос і фільтр, що самоочищається. У разі виявлення течії води з-під сальників, битті лопатей об корпус і підвищеному нагріву корпусів вальниць насос знімають і замінюють новим або відремонтованим.

Самоочищувальний фільтр розбирають. Зношені деталі відновлюють або замінюють новими. Щітки підлягають заміні при випаданні волосків або відсутності дотику їх об перфорований циліндр.

Устаткування для перемішування і змішування продуктів. При розбиранні фаршомішалок знімають облицювальні листи станини, привідні паси, блок шківів і шестерню, черв'ячний сектор, картер, кулачковий вал місильного корита, ліву і праву тумби станини. Облицювальні листи рихтують, заварюють тріщини і зачищають зварні шви, якщо необхідно, то замінюють вісь, кулачковий вал і втулку місильного корита, проточують поверхню конусів, ремонтують накривку корита. У корито встановлюють два місильні гвинти на чотирьох конусах, на праву боковину — вальниці, на корито — накривку з кулачковим валом, віссю і втулкою, набивають сальники.

Під час ремонту картера його повністю розбирають, промивають деталі, замінюють шпонки, пальці, втулки і прокладки, набивають сальники.

Технологія капітального ремонту приводів гвинтів перекидання включає розбирання блоку шківів і редуктора на деталі, промивання їх, заміну зношених деталей (втулок, шпонок, болтів, шпильок, прокладок), дугове наплавлення вироблених місць шийок вала під кільцями ущільнювачів і збирання блоку шківів і редуктора.

Загальне збирання мішалки фаршу передбачає встановлення на станину правої і лівої тумб, черв'ячного сектора місильного корита, редуктора, приводу перекидання, картера з шестірнею і облицювальних листів станини. Потім регулюють зачеплення черв'ячного передавача і натягнення привідних пасів. У редуктор і картер заливають масло. Відремонтовані мішалки фаршу випробовують на холостому ході і під навантаженням, усуваючи при цьому виявлені дефекти.

9.9. Устаткування для фасування, розливання і пакування

Для фасування, розливання і пакування харчових матеріалів використовують різні автомати. За конструкцією вони належать до

складного технологічного устаткування з наявністю великої кількості пар тертя. До складу приводу автоматів входять клинопасові, ланцюгові, зубчасті і черв'ячні передавачі. Для нормальної експлуатації автомата необхідне забезпечення синхронності роботи його основних механізмів. Нормальна робота автомата зазвичай порушується у разі зносу деталей, а також неправильного регулювання складаних одиниць і привідного механізму.

Автомати, зазвичай, ремонтують без демонтажу, замінюючи зношені деталі новими.

Після розбирання складаних одиниць кожної групи деталі очищають, зношені замінюють і збирають окремі групи і автомат загалом. Розбирання наступної групи до закінчення ремонту попередньою починати не рекомендується.

Перед розбиранням фасувальних і пакувальних автоматів проводять зовнішнє очищення вогким дрантям і щітками. У дозувальному пристрої фасувальних автоматів очищують бункер, дозувальну трубу, лійку. У пакувальній частині автоматів особливо ретельно мають бути очищені зварювальні губки і деталі, дотичні під час роботи.

Під час ремонту знімають лише ті складанні одиниці, працездатність яких необхідно відновлювати. Під час розбирання вузлів перевіряють стан кріпильних деталей, шайб і прокладок. Якщо необхідно, то їх замінюють.

Несправні електронні блоки автоматів ремонтують в спеціалізованих організаціях. Для проведення ремонту складаних одиниць пакувальної частини автоматів відкривають бокові або задні дверці. Ремонт рукавоутворювача, повздовжніх і поперечних губок, приводу губок автоматів виконують після відчинення переднього обгороджування. Стан кромки коміра труби рукавоутворювача перевіряють оглядом. Якщо вона затуплена, то її наварюють і заточують.

Режим зварювання пакетів регулюють за допомогою регулятора. За необхідності нагрівальні елементи замінюють. Притиск губок у момент зварювання регулюють затягуванням пружин штоків поперечних губок.

Зношені гумові прокладки на поперечній губці знімають і замінюють новими. Для регулювання положення тягових транспортерів відносно труби відвертають по два болти кріплення кронштейнів цих транспортерів на осях. Натяг пасів транспортерів заздалегідь регулюють переміщенням верхнього ролика кожного транспортера кронштейном. Стан пасів тягових транспортерів опорного роляганга перевіряють оглядом.

Натяг і положення пасів регулюють так, щоб пас натяжного транспортера обпирався на пас опорного роляганга або на його ролики. Дозатори автоматів знімають підіймачем.

Основні складанні одиниці дозувальної системи знімають в такій послідовності: перетрушувачі бункерів, бункери, корпус тарілкового дозувального пристрою, зубчасті колеса зачеплення і вальничні вузли.

Перед зняттям змішувача дозувальної системи заздалегідь знімають ремінь з шківів приводу, роз'єднують фланцеві з'єднання подавальних патрубків, від'єднують лапки змішувача.

Перевіряють і регулюють зазор в механізмі регулювання дози в привідній електромагнітній муфті. Зазор між муфтою і якорем має становити 0,4–0,6 мм, що забезпечується регульовальним гвинтом, який стопориться гайкою. За необхідності виправляють положення безконтактних перемикачів, замінюють осі з гвинтом механізму приводу лічильника.

Перевіряють роботу привідної і гальмівної муфт дозатора. Замінюють кріпильні гвинти повідків, зношені штифти, черв'яки приводу. Зазор в привідній муфті має бути не більше 0,3 мм, а в гальмівній — не більше 0,4 мм. Зношений дозувальний шнек замінюють новим.

Збирають дозатор в такій послідовності: привід блоку дозатора, корпусу і лійок дозаторів.

Під час ремонту розливно-пакувальний автомат розбирають повністю за групами і складаннями одиницями в наступному такому: знімають ланцюг транспортера для пляшок, напрямні пляшок, натяжну станцію транспортера; розбирають колонку механізму виготовлення ковпачків, розливну головку, пакувальну головку; знімають редуктор, варіатор швидкості; розбирають екстаустер (вакуум-насос) і механізм піднімання автомата з рукояткою.

Після заміни деталей і збирання складаних одиниць усувають деформації в облицюванні (за необхідності), випробують автомат на холостому ході і налагоджують під навантаженням.

Типовий представник обладнання для обгортання і упакування кондитерських виробів — автомат ІЗМ-1.

Перед ремонтом автомат очищують від бруду, осколків маси, обгортки. Для цього використовують гарячу воду і дрантя, скребачки. Забороняється очищувати за допомогою пари і обливати гарячою водою, тому що при цьому витісняється змащувальний матеріал, а цукор, що розчинився у воді, може потрапити на поверхні тертя і спричинити їх абразивний знос. Під час ремонту автомати розбирають частково або повністю.

Під час розбирання головного вала або вала приводу загвинчувальних головок, щоб уникнути розрегулювання автоматів необхідно нанести позначки на зуби шестерень, що знаходяться у зчепленні.

Слід пам'ятати, що гайка лівої консолі головного вала має ліву нарізь, а гайка правої консолі — праву.

Аналогічно деталі лівої головки мають ліву нарізь, а деталі правої головки — праву.

Якщо зняти напрямну рамку і рамку притиску, їх вісь можна легко вийняти, вкрутивши болт М18 в її правий торець замість заглушки. Заздалегідь слід вивернути дві стопорні болт-трубки з маслянками.

Вміст робіт з ремонту автомата ІЗМ-1 наведено в табл. 9.2.

Таблиця 9.2

Вміст робіт по ремонту автомата ІЗМ-1

Процес	Зміст робіт
1	2
Очищення і промивання деталей	Очистити, промити і протерти деталі
Ремонт головного вала і вала «мальтійського хреста»	Замінити привідну шестірню «мальтійського хреста» і встановити її на валу. Замінити і встановити на головному валу кулаки і ексцентрики. Замінити вальниці і запресувати їх у корпуси
Ремонт механізму відкриття прихваток	Запресувати ексцентрикові втулки в вальниці і напресувати їх на вал. Замінити тягу і пальці ексцентрика
Ремонт механізму тримача	Замінити кулак і закріпити його на валу штифтами. Замінити вальниці ковзання і запресувати їх у корпуси. Змінити ролик кулака
Ремонт механізму виштовхувача	Замінити вальниці і напресувати на втулку. Замінити бронзові втулки і запресувати їх в корпуси важелів
Ремонт механізму різання джгута	Замінити бронзові зірочки і запресувати їх в корпуси. Замінити зірочку, встановити на валу і закріпити конусним штифтом. Замінити ніж для різання джгута
Ремонт механізму штовхача	Замінити вальниці і напресувати на втулку
Ремонт механізму підгину	Те саме
Ремонт механізму ножиців	Замінити кулак ножиців, встановити його на головному валу і закріпити конусним штифтом. Замінити пальці і втулки. Замінити вальниці і запресувати їх в корпуси пальців. Замінити верхній ніж, встановити і закріпити болтами
Ремонт механізмів закручувальної лапки	Замінити вальниці і запресувати їх в корпуси. Замінити циліндрові шестерні, кулаки, ролики, важелі, пружини, стопорні кільця, болти і гайки. Замінити щипці (закручувальні лапки)

Закінчення табл. 9.2

1	2
Ремонт роликового формувального апарата	Замінити вальниці ковзання, пришабрувати їх до шийок валів і запресувати в корпуси. Замінити циліндрові шестерні. Встановити їх на валах і закріпити конусними штифтами
Ремонт паперового апарата	Замінити вальниці ковзання, пришабрувати їх до шийок валів і запресувати в корпуси. Замінити і запресувати кулькові вальниці притискного ролика. Замінити втулки, штурвали, стопорні кільця і пружини
Ремонт варіатора	Замінити вальниці і запресувати їх в корпуси
Ремонт обгороджувачів і щитків	Підрихтувати обгороджування і щитки. Замінити кріпильний матеріал

Установлення деталей і складаних одиниць під час збирання автомата проводять в порядку, зворотному розбиранню. Перед збиранням машини слід ретельно вивчити її конструкцію, умови роботи і технічні умови на приймання.

Технологічний процес збирання машини з окремих деталей і вузлів включає низку операцій. Під час збирання необхідно забезпечити точність положення деталей і вузлів машини. Для регулювання роботи окремих елементів застосовують різні компенсуючі пристрої: клинові шпонки, натягувачі ремінних і ланцюгових передавачів транспортерів, конвеєрів і тощо. Складанні одиниці мають бути укомплектовані взаємно припрацьованими деталями.

РОЗДІЛ 10

РЕМОНТ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОСИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ І ПІДЙІМАЛЬНО-ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

10.1. Ремонт технологічного обладнання

До технологічного обладнання для ремонту машин належать: металорізальні верстати, ковальсько-пресове обладнання, устаткування для зварювально-наплавлюваних робіт, гальванічне та інше обладнання для виконання технологічних процесів у ремонтному виробництві.

Для забезпечення нормативних показників якості і безвідмовної роботи технологічного обладнання, технічний стан якого суттєво впливає на якість ремонту машин, застосовується комплекс взаємозв'язаних положень і норм, які визначають організацію і порядок проведення робіт з технічного обслуговування і ремонту технологічного обладнання. Цей комплекс становить основу системи планово-запобіжного ремонту обладнання (систему ППР).

Системою ППР передбачено періодичне виконання технічного обслуговування, міжремонтних оглядів і ремонту технологічного обладнання.

Технічне обслуговування обладнання передбачає виконання *щоденного технічного обслуговування*, за якого обладнання оглядають, очищають і змащують, стежать за його нормальним станом; промивають агрегати і змінюють масла (перевіряють і очищають масляні фільтри, змащувальні отвори і маслянки, очищають і промивають картери, ванни, заправляють свіжим маслом). Періодичність цих операцій нормується залежно від особливостей обладнання і умов його експлуатації.

Ремонтним впливам, відповідно до системи ППР, передують планові огляди, які виконуються з певною послідовністю. . Огляд обладнання проводять між плановими ремонтами для перевірки стану обладнання і вияву обсягу підготовчих робіт до чергового ремонту. Під час огляду визначають величину зносу деталей, виявляють дефекти, усувають дрібні несправності, регулюють механізми і періодично перевіряють технологічну точність металорізальних верстатів.

Планові ремонти обладнання. Системою ППР передбачено виконання трьох видів планових ремонтів: малий (поточний), середній і капітальний.

Малий (поточний) ремонт полягає в заміні або ремонті невеликої кількості зношених деталей і виконанні регулювальних робіт.

Середній ремонт передбачає часткове розбирання, заміну або ремонт зношених деталей, відновлення точнісних характеристик металорізальних верстатів та інші операції, які забезпечують працездатність обладнання. Середній ремонт проводять на місці експлуатації обладнання.

Капітальний ремонт передбачає повне розбирання обладнання з виконанням всіх технологічних операцій, характерних загальному технологічному процесу капітального ремонту машин: розбирання, очищення, дефектації і ремонту деталей, складання, регулювання обкатування, випробування. Разом з тим ремонт кожного виду технологічного обладнання має свої особливості.

Оскільки деякі види обладнання (у тому числі і верстатного) виготовляють невеликими серіями, то типова технологія їх ремонту може бути відсутня. У зв'язку з цим перед розбиранням використовують кінематичну схему (або складають її) і розробляють складальну схему, після чого починають розбирання. З метою збереження взаємного розміщення деталей за наступного складання, під час розбирання на деталі наносять позначки стальним клеймом, керненням або електрографом.

Особливими є методи дефектації таких деталей верстатного обладнання, як станини, які за значних габаритних розмірів мають забезпечувати точність площинності і взаємного розміщення робочих поверхонь. Для дефектації деталей верстатного обладнання застосовують як звичайні вимірювальні інструменти (штангенциркулі, рівні, щупи, індикатори, мікрометри тощо), так і спеціальні контрольно-перевірочні (плити, мостики, лінійки і спеціальні пристрої). На рис. 10.1 зображено схеми перевірки прямолінійності, паралельності і зігнутості напрямних станин за допомогою універсального контрольного мостика.

Під час ремонту (відновлення) деталей обладнання використовують переважно ті самі технологічні способи, що й під час ремонту машин. Застосовують також шабрування, відновлення відламаних частин додатковим литвом, нарощування зношених деталей самотвердними речовинами (пластмаси на основі акрилових смол – акрипласти), наприклад, акрилат АСТ-Т, стирокрил ТШ тощо.

Важливе значення для верстатного обладнання мають операції перевірки верстатів на точність, які виконуються за спеціальними методиками.

Капітальний ремонт обладнання виконують на спеціалізованих ремонтних підприємствах.

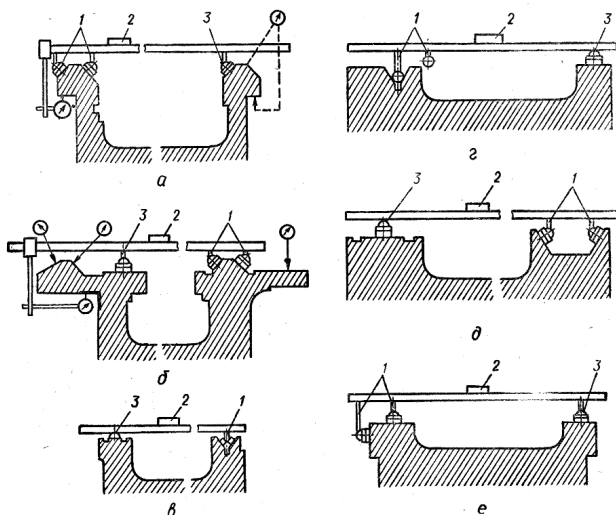


Рис. 10.1. Схеми перевірки прямолінійності, паралельності і скрученості напрямних станин різного профілю і розмірів універсальним контрольним мостиком:
1,3 – опори; 2 – рівень

Система ППР передбачає надходження обладнання на ремонт після того, як воно відпрацює певну кількість годин. Структура ремонтного циклу (час роботи між двома капітальними ремонтами), тобто порядок чергування і кількість оглядів (О), малих (М) і середніх (С) ремонтів у ремонтному циклі для різних груп обладнання різні. Так, наприклад, для легких і середніх металорізальних верстатів (маса до 10 т) структура ремонтного циклу така:

$K - O - M_1 - O - M_2 - O - C - M_3 - O - M_4 - O - K$.

Трудомісткість ремонтних операцій залежить від виду ремонту, конструктивних і технологічних особливостей обладнання, а також від його габаритів.

Для оцінювання складності ремонту металорізального, ковально-пресового і підйнятно-транспортного обладнання прийнятий ступінь складності ремонту токарно-гвинторізного верстата 1К62, якому присвоєна 11 категорія складності. Для цієї категорії встановлена трудомісткість капітального ремонту 385 нормо-годин (під час застосування конкретних нормативів потрібно орієнтуватися на чинну на цей період технічну документацію). Таким чином, одиниця ремонтоскладності – це 1/11 трудомісткості капітального ремонту верстата 1К62. Категорія складності ремонту позначається літерою R, а її кількісне значення – цифрою перед літерою. Напри-

клад, 5R – п'ята категорія складності, до якої належить молот типу ПМ-50. Дані про категорію складності і нормативи трудомісткості за видами операцій, закладених у нормативно-технічних документах, використовують під час планування та економічних оцінюваннях виконуваних ремонтних робіт.

Ремонт станин і супортів металорізальних верстатів. Переріз типової станини токарного верстата зображено на рис. 10.2. Найбільше зношуються поверхні 2 і 3 передньої напрямної супорта, менш інтенсивно – нижні поверхні 1, 5, 6, 9 і 10. Поверхні 4, 7 і 8 напрямних, на яких розміщена задня бабка, зношуються незначно. Цей знос неоднаковий за довжиною напрямних і залежить від розміру оброблюваних на верстаті деталей. Потрапляння на поверхню робочих площин станин окалини від деталей, стружки, пилу і продуктів зношування призводить до абразивного зношування, появи місцевого виробітку, задирок.

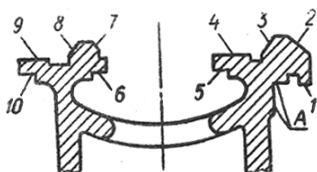


Рис. 10.2. Переріз напрямних типової станини токарного верстата
1–10 – поверхні зносу; А – нижні площини напрямної які найменше зношуються

Під час ремонту станини у першу чергу заробляють задирки і вибоїни. Для цього застосовують замазку на основі епоксидної смоли ЕД-6 з додаванням наповнювача (алюмінієвої пудри, дрібної чавунної стружки тощо). Задирки і вибоїни усувають також запаленням латунню або, бронзою з подальшою обробкою заробки врівень з площиною напрямної.

Глибокі забоїни у напрямних усувають запресуванням чавунної пробки в отвір, отриманий після попереднього свердління і розвірчування. Після запресування виступаючу частину пробки обробляють врівень з площиною напрямної. Глибокі вибоїни усувають встановленням вставок на гвинтах.

Вибір способу відновлення напрямних станин залежить від величини їх зносу. Так, у разі зносу менше 0,1 мм напрямні шабрують або притирають пастою ГОИ; 0,1–0,3 мм – шліфують або шабрують; 0,3–0,5 мм – виконують тонке стругання з наступним шліфуванням або шабруванням; понад 0,5 мм – піддають грубому, а потім тонкому струганню, після чого шліфують або шабрують.

Після стругання або навіть шліфування можливе віброобкатування напрямних кулькою або роликом на поздовжньо-стругальному верстаті за допомогою спеціального пристрою, закріпленого у різцетримачі. Створення методом віброобкатування на напрямних систе-

ми масляних канавок призводить до збільшення маслоємкості, зменшення коефіцієнта тертя, підвищення стійкості та опору схоплюванню.

Супорти ремонтують тими самим методами, що й станини. У випадку значних зносів у напрямні супорта після фрезерування вставляють вставки. Матеріали вставок: пластичні маси – текстоліт ПТ, гетинакс; металеві сплави – монель – метал, латунь ЛМцС58-2-2, цинковий сплав ЦАМ10-5. Вставки із пластичних мас приклеюють клеєм БФ-2 або БФ-4, а з металевих сплавів наплавляють або металізують.

Ремонт передньої і задньої бабки токарно-гвинторізних верстатів. У випадку зносу деталей передньої і задньої бабок порушується розмірний ланцюг, який визначає відстань між передніми і задніми центрами верстата. Внаслідок зносу напрямних площин порушується різниця висот між його передніми і задніми центрами. За умови встановлення вальниць шпинделя у спеціальних корпусах і фланцях знос отворів під вальниці компенсується заміною відповідних корпусів і фланців з подальшим приганянням внутрішнього діаметра за вальницею і вивірюванням радіального биття (допустиме відхилення 0,01 мм). За наявності великого зносу отвори розточують і запресовують або встановлюють на клей втулки у корпус передньої бабки.

Під час ремонту задньої бабки відновлюють точність спряження поверхонь мостика із станиною і корпусом, точність отвору корпусу і висоту центрів передньої і задньої бабок, ремонтують або виготовляють піноль, гвинт подачі та інші деталі. Отвір під піноль у корпусі ремонтують притиранням, розточуванням з наступним доведенням і заливанням акрилопластом. Притирання ремонтують мало зношені отвори, а піноль замінюють новою. При цьому висоту центрів відновлюють установленням на напрямні мостика компенсаційних накладок.

Складання, обкатування і випробування. Після складання і вивірювання окремих складаних одиниць приступають до загального складання. Встановлюють базову деталь (станину), вивіряють її положення, перевіряють напрямні. До станини послідовно кріплять окремі вузли. При цьому витримують взаємне розміщення їх відносно станини і між собою із дотриманням указаних у паспорті верстата допустимих відхилень. Так, під час складання токарного верстата забезпечують паралельність осі шпинделя до напрямних станини, прямолінійність переміщення супорта, паралельність позовдовжнього переміщення супорта до осі шпинделя, збігання осей передньої і задньої бабок тощо.

У процесі складання регулюють окремі складанні одиниці і деталі, підтягують клини, регулюють вальниці. Під час складання забезпечують надійне прилягання окремих вузлів до станини (зазор не більше 0,04 мм).

Випробування на холостому ході (обкатування) починають з самих малих обертів за мінімального навантаження і продовжують не менше 0,5 год. Після цього замінюють мастила. Випробування механізмів головного руху верстатів ведуть на всіх обертах, переходячи від малих до великих (двічі на кожному ступені). На максимальних обертах шпиндель має обертатися не менше 1 год і до встановлення температури вальниць (для вальниць ковзання – до 70 °С, для кочення – до 85 °С).

Для прискорення обкатування використовують пристрій для обкатування вузла шпинделя, який складається з рухомого стакану і корпусу, всередині яких є таровані пружини. Хвостовиком пристрій установлюють у шпиндель. Хвостовик пов'язаний з корпусом через радіальну і упорну вальницю. Переміщенням різцетримача у поперечному і поздовжньому напрямках створюють навантаження. Розмір його реєструється на шкалах, що знаходиться на стакані і корпусі. Обкатування виконують протягом 30 хв на мінімальних обертах, потім 2,5–3 год за 5,0–5,8 с⁻¹ год без навантаження.

Механізм подачі обкатують також на всіх подачах. У процесі обкатування звіряють дійсну кількість обертів, подач, ходів повзунів, швидкість переміщення вузлів з паспортними даними. Відхилення мають не перевищувати 5%.

Випробування верстатів під навантаженням виконують шляхом обробки деталей-зразків на різних швидкостях за навантаження його до величини номінальної потужності приводу протягом не менше 30 хв і короткочасного перевантаження до 25%. Допускається незначне підвищення шуму у зубчастих передавачах і не допускаються вібрації, які призводять до викришування різальної кромки інструмента.

Після вказаних операцій виконують випробування на точність і жорсткість, за якого визначають: геометричну точність самого верстата, точність обробки виробів на ньому. При цьому застосовують рівні, індикатори, мікрометри, мікрометричні нутроміри, глибиноміри, перевірочні лінійки, щупи першого класу точності. Жорсткість верстата виражається величиною навантаження, прикладеного до його частин, які, утримують інструмент і заготовку, що викликає певні зміни у взаємному розміщенні цих частин. Під час навантаження спеціальними пристроями фіксують відхилення у положенні частин верстата. Величина їх не має перевищувати допустимих величин (за діаметра обробки 200 мм і зусилля 2 кН допустиме

переміщення оправки у шпинделі 0,1 мм, для верстатів класу точності Н).

10.2. Ремонт електросилового обладнання

У сільськогосподарському виробництві використовують асинхронні короткозамкнені електродвигуни трифазного струму потужністю до 132 кВт вологостійкого А02-ВМ і спеціального А02-СХ, ІА, ІА-СХ виконання; синхронні генератори; електрообладнання водопідіймальних свердловин із заглибними електродвигунами; зварювальні трансформатори, генератори і перетворювачі; магнітні пускачі; автоматичні вимикачі; пакетні вимикачі і перемикачі; рубильники; кнопки керування; теплові і проміжні реле; пристрої вбудованого температурного захисту.

Для забезпечення надійної роботи електрообладнання і повнішого використання його ресурсу за одночасного зниження трудових і матеріальних затрат застосовують систему планово-запобіжного ремонту (ПЗР) і технічного обслуговування. Вона являє собою сукупність організаційних і технічних заходів з догляду, обслуговування і ремонту електросилового обладнання. Для забезпечення економної експлуатації електрообладнання за заданого рівня надійності вводиться новий вид робіт – діагностування. Визначення технічного стану електрообладнання дозволяє своєчасно усунути загрозу виникнення відмов, скоротити простої через несправності, лише в необхідних випадках проводити комплекс ремонтних та інших впливів з підтримання роботоздатності і відновлення ресурсу електрообладнання.

Електрообладнання піддається:

- технічному обслуговуванню (плановому і щомісячному);
- періодичному плановому діагностуванню, яке проводиться відповідно до річного графіка. За планового діагностування визначається технічний стан електрообладнання і прогнозується час безвідмовної роботи вузлів і деталей, які обмежують його ресурс;
- поточному ремонту, який виконують тільки за необхідності на основі даних діагностування. Строки і обсяги ремонту визначаються, виходячи з технічного стану електрообладнання (за даними діагностування);
- капітальному ремонту, який виконують на основі даних діагностування. Строки і обсяги ремонту встановлюються з урахуванням технічного стану електрообладнання (даними діагностування).

Технічне обслуговування передбачає комплекс заходів з огляду, очищення, найпростіших регулювань та зміни деяких легкоза-

мінюваних частин (щіток тощо) без розбирання і знімання електрообладнання з машин, механізмів і фундаментів.

Діагностування електрообладнання передбачає визначення і прогнозування технічного стану електрообладнання на основі виміру діагностичних параметрів, аналізу і обробки результатів контролю.

Поточний ремонт електрообладнання включає операції технічного обслуговування, а також роботи з розбирання, визначення ресурсу обмоток, дефектації, заміни або ремонту зношених або пошкоджених деталей, усунення виявлених несправностей і дефектів, складання і проведення випробувань.

Капітальний ремонт передбачає розбирання, визначення ресурсу обмоток, дефектацію деталей, заміни пошкоджених або з недостатнім ресурсом обмоток, ремонту вузлів або відновлення зношених і несправних деталей і вузлів, складання і випробування електрообладнання. Капітальний ремонт проводять з метою відновлення справності і повного або близького до повного відновлення ресурсу електрообладнання шляхом заміни або відновлення будь-яких його частин, включаючи базові. Капітальний ремонт, як правило, виконують у спеціалізованих електроремонтних цехах. Ремонт асинхронних електродвигунів. Можливі дефекти електродвигунів (рис. 10.3) зумовлені сукупністю електричних і механічних пошкоджень. Найчастіше в електродвигунах виникає: обрив ланцюга, замикання між фазами обмотки або обмотки на корпус, міжвиткове замикання обмотки, пошкодження ізоляції і руйнування (розрив) провідників, знос вальничних щитів, деформація пластин ротора і статора, згин вала ротора, обрив окремих стрижнів або замикаючих кілець, короткого замикання ротора, пошкодження контактних кілець фазового ротора тощо.

Для усунення несправностей в електричному ланцюгу статора пошкоджену обмотку знімають і намотують нову. Під час знімання обмотки застосовують попереднє руйнування ізоляції і металевої частини обмотувального проводу з подальшим видаленням з пазів статора. У разі відновлення обмоткового проводу спочатку руйнують його ізоляцію, намагаючись зберегти цілісність металевого дроту, у решті випадків фрезою відрізають лобову частину пошкодженої обмотки з одного боку статора, випалюють ізоляцію у печі за температури 300–350 °С і витягують з пазів решту обмотки за допомогою електро- або гідроприводу і механічних пристроїв.

Статор очищають у мийній машині, просушують і продувають стисненим повітрям та вкладають попередньо заготовлену пазову ізоляцію. Потім розміщують підготовлені секції обмоток, виготовлених із м'яких катушок і вкладених у пази в один або два

шари. Котушки намотують на універсальних шаблонах. Кінці проводів укладених котушок спаюють та ізолюють.

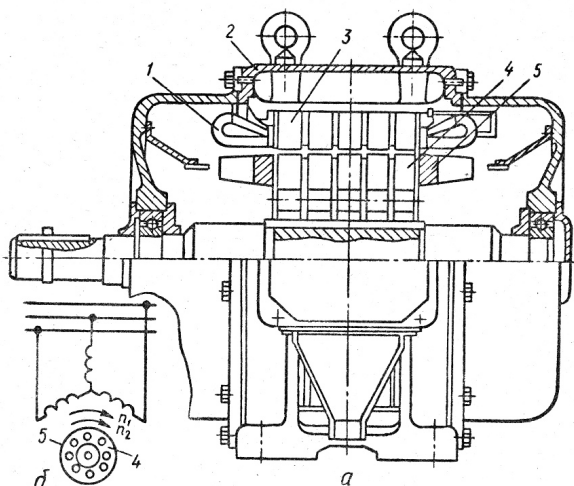


Рис. 10.3. Загальний вид асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором (а) і схема його вмикання (б):

- 1 – обмотка статора; 2 – корпус; 3 – осердя статора; 4 – осердя ротора;
5 – обмотка ротора

Обмотку статора, яка пройшла проміжні контрольні випробування на правильність вкладання і з'єднання котушок і електричну міцність ізоляції, трикратно просочують лаком МЛ-92 або ПЗ-933 з просушуванням в електропечі за автоматичного регулювання температури. Після вторинного проміжного контролю електричної міцності ізоляції обмотку статора покривають електроізоляційними емалями типу ГФ-92ХС, ГФ-92ГС і ЗП-91.

Для усунення механічних пошкоджень конструктивних елементів електродвигуна застосовують зварювання, наплавлення, паяння і деякі механічні операції.

Зношені посадочні місця під вальниці у накривках відновлюють позаванним залізненням, якщо знос становить до 1 мм на діаметр і відсутні забоїни і вм'ятини, або запресуванням втулки в розточений отвір накривки а у разі зносу понад 1 мм посадочних місць. Зношені посадочні місця під вальниці на валу ротора відновлюють наплавленням з наступним шліфуванням. Тріщини у накривках і корпусі електродвигуна заварюють, а тріщини і розриви замикальних кілець ротора запаюють. Обриви стрижнів ротора усувають пережаливанням алюмінію. Оплавлені ділянки активної

сталі статора очищають від наплавленого шару або вирубають з наступним встановленням замість нього деталі з твердого ізоляційного матеріалу. Дефекти колекторів усувають обточуванням, шліфуванням і поліруванням. За значних дефектів колектор розбирають.

Контактні кільця фазного ротора у разі підгоряння, вибоїн, раковин проточують на токарному станку або шліфують і полірують абразивними шкурками № 00. Радіальне биття кілець не має перевищувати 0,05 мм. Дефектні ізоляційні деталі замінюють.

Після складання електродвигуни випробують і виконують такі операції: вимірювання опору обмоток (однієї відносно іншої і відносно корпусу); вимірювання опору обмоток постійному струму у холодному стані; випробування холостого ходу, електричної міцності міжвиткової ізоляції обмоток; вимірювання повітряного зазора між статором і ротором.

Електродвигуни серії 4А відрізняються низкою конструктивних і експлуатаційних особливостей від серії А02, які мають безпосереднє відношення до їх ремонту і технічного обслуговування. Вони мають більш високі енергетичні показники. Оскільки у двигунах цієї серії високий ступінь заповнення паза міддю, це спричинює їх швидке перегрівання у разі перевантажень. Із цього випливає важливість і застосування для них надійного захисту від перевантажень і втрати фази.

Оскільки електродвигуни серії 4А виготовляють з високим ступенем використання активних матеріалів, під час їх ремонту використовують відповідні лаки і обмотковий дріт. Такі електродвигуни не можна фарбувати іншими фарбами, їх закриті вальниці не підлягають розконсервації.

Ремонт імпорتنих електродвигунів має свої особливості. Корпуси таких двигунів потужністю до 5 кВт виготовлені із сплавів алюмінію, тому випалювання ізоляції із пазів статора може призвести до короблення корпусу. Під час розбирання слід бути обережним, оскільки вентилятори та їх захисні кожухи пластмасові. Якщо під час ремонту замінити концентричну дво- або одно-двошарову обмотки імпорتنих електродвигунів на звичайну двошарову, то це призведе до суттєвого зниження їх перевантажувальної здатності і як результат до зменшення міжремонтного ресурсу.

Ремонт пускозахисної апаратури і розподільних пристроїв напругою до 1 кВ. Всі види силових електроустановок оснащені пусковими, захисними, регулюючими і розподільними пристроями. До них належать рубильники, перемикачі, запобіжники, пакетні вимикачі, магнітні пускачі, автоматичні вимикачі, теплові реле тощо.

До типових несправностей і пошкоджень цієї групи пристроїв належать: надмірне нагрівання котушок пускачів, контакторів і автоматів; міжвиткові замикання і замикання на корпус; надмірне нагрівання контактів; великий їх знос тощо.

Дефекти рубильників, перемикачів і запобіжників усувають очищенням контактних поверхонь ножів патрона і губок від бруду, кіптяви і частинок оплавленого металу, підтягуванням кріпильних деталей і шарнірних з'єднань, забезпеченням щільності затяжки всіх контактних проводів тощо. Входження ножів у губки рубильників за цілком ввімкненого положення має не доходити до контактних площадок губок на 2–4 мм. Якість ремонту рубильників і перемикачів перевіряють десяти-п'ятнадцятикратним вмиканням і вимиканням.

Ремонт контакторів і магнітних пускачів. Міжремонтний ресурс контакторів і магнітних пускачів визначається технічним станом утримувальної котушки. Характерні їх дефекти – пересушування і обгорання ізоляції, міжвиткові замикання і обрив. Кожен з цих дефектів вимагає заміни котушки новою або її перемотуванням відповідно до паспортних даних.

Дефекти кріпильних, пружних контактних пускачів і контакторів усувають так, як під час ремонту рубильників і перемикачів. Під час ремонту іскрогасильних камер контакторів і пускачів обгорілі частини замінюють.

Під час контролю справності контакторів і пускачів перевіряють рухомість контактних систем, механічні характеристики апаратів, якість ізоляції котушок і щільність контактних з'єднань.

Ремонт теплових реле і автоматичних вимикачів. Основними дефектами теплових реле і автоматичних вимикачів є знос, деформація і поломка деталей; підгорання контактів і затискних клем; знос тертьових поверхонь важелів і тяг; ослаблення пружин та їх поломки; поява тріщин у накривці і порушення регулювань.

Відновлення роботоздатності теплових реле зводиться до зачищення контактів, заміни зношених або поламаних деталей з подальшим їх регулюванням. Реле випробують навантажувальним струмом, знімаючи при цьому його характеристики у вигляді залежності між струмом спрацьовування і витримування (як без попереднього підігрівання, так і після підігрівання номінальним струмом). Зміною положення регульовального важеля добиваються відповідних регульовальних характеристик.

Автоматичні вимикачі АП-50, А-3100, АЕ-2000 та інші випускаються з тепловими і електромагнітними розчеплювачами, які перевіряються так само, як теплові реле з використанням відповідних навантажувальних схем і контрольних характеристик для кож-

ного типу вимикачів. Час спрацювання всіх теплових розчеплювачів становить 150-200 с за струму, який дорівнює 1,5-кратному номінальному струму електродвигуна. Роботи електромагнітних розчеплювачів перевіряють пропусканням постійного струму у 9 разів більшого номінального струму автомата.

Основні несправності вимикачів усувають так само, як пуско-захисних і регулювальних пристроїв.

10.3. Ремонт підйально-транспортного обладнання підприємств технічного сервісу

На підприємствах технічного сервісу застосовують найрізноманітніше підйально-транспортне обладнання: мостові крани загального призначення вантажністю 5 і 10 т, однобалкові мостові крани з електроталіями вантажністю 1–5 т, монорейки з електроталією типу ТЗ, консольні поворотні крани вантажністю 0,125–3,2 т, підвісні і вантажонесучі конвеєри, гідравлічні та електромеханічні підіймачі, домкрати, транспортні візки, підйально-транспортні пристрої тощо.

Відповідно до Єдиної системи ППР технічне обслуговування підйально-транспортного обладнання (ПТМ) передбачає виконання таких робіт: міжремонтне обслуговування, зміну та доповнення масел, профілактичні випробування електрообладнання і періодичне освідчення машин, підконтрольних Держтехнагляду. Ремонт ПТМ передбачено малий, середній, капітальний і позаплановий. Основою для цього є місячний план ремонту, складений на базі річного плану. Зупинка вантажних машин на ремонт може здійснюватись також поза планом за вказівкою відповідального за їх справний стан.

Кранове обладнання після ремонту має відповідати Правилам Держтехнагляду. Дозвіл на передачу машини в експлуатацію після малого ремонту дає особа, що відповідає за її справний стан. Акт приймання підписується після закінчення випробувального строку, який для малого ремонту становить 8 год, для середнього – 16, для капітального – 24 год.

Ремонт ПТМ здійснюють: централізовано на спеціалізованих підприємствах або цехах, комплексними ремонтними бригадами служби головного механіка, виїзними бригадами, утвореними при спеціалізованих ремонтних підприємствах або ремонтно-транспортних підприємствах.

Для виконання ремонту електричної частини ПТМ до складу ремонтної бригади включають електриків або ці роботи виконує відділ головного енергетика відповідно до місячного плану-графіка.

Підйнятно-транспортне обладнання найчастіше ремонтується комплексним знеособленим і агрегатним методом.

За придатністю до ремонту деталі ПТМ діляться на дві групи: ті які неможливо або не дозволяється ремонтувати і ті, які можна і дозволяється ремонтувати. До першої групи відносяться сталі канати, вальниць кочення, таки (за зносу у зіві понад 10 %), петлі, пружини з тріщинами і зломами, гальмівні накладки, клинові паси, скручені вали і вали з тріщинами. До другої групи належить решта типових і нетипових механізмів і деталей ПТМ.

Ремонт валів і осей. Основні дефекти валів і осей ПТМ типові для всіх видів машин, їх усувають загальноприйнятими методами. У зв'язку з наявністю у конструкціях ПТМ довгомірних валів, характерним дефектом є прогин, який усувають правленням. За частоти обертання вала менше 500 хв^{-1} допустимий прогин становить 0,15 мм на 1 м, але не більше 0,3 мм на всю довжину; понад 500 хв^{-1} – 0,1 мм на 1 м, але не більше 0,2 мм на всю довжину. Прогин валів і осей менше 0,5 мм усувають механічною обробкою, понад 0,5 мм – правленням без нагрівання. Застосовують також правлення нагріванням з боку випуклості. Вал випрямляється під дією внутрішніх напружень.

Ремонт зубчастих передавачів. Характерними пошкодженнями зубчастих передавачів ПТМ є знос зубів за товщиною і руйнування; знос отворів маточин, шліців, шпонкових пазів; тріщини обода і маточин; порушення з'єднань зубчастих вінців із маточинами. Зубчасті колеса механізмів підймання кранів та інших аналогічних за відповідальністю механізмів за наявності вказаних дефектів замінюють новими, незалежно від ступеня зносу зубів за товщиною, їх ремонтують за умови використання в інших, менш відповідальних механізмах.

Відновлення товщини зубів виконують наплавленням, коригуванням, напресуванням вінця і роздаванням. Наплавленням відновлюють шестерні та колеса відкритих тихохідних передавачів низької точності. Ремонт коригуванням передбачає зменшення діаметра ділильного кола колеса (більш дорогого елемента зубчастої пари) до нового ремонтного значення, за якого після механічної обробки можна отримати нормальної товщини зуб. Шестірню ж, як дешевшу деталь, виготовляють заново з позитивною корекцією.

Заміна поламаних зубів допустима тільки для тихохідних великомодульних передавачів низької точності. Цей дефект усувають зварюванням вставок; загвинчуванням шпильок з подальшим зварюванням; наплавленням металу у проміжках між ними і обробкою за формою зуба; наплавленням з використанням мідного шаблона.

Ремонт барабанів і блоків. Вказані деталі ПТМ не ремонтують у випадках: зменшення початкової товщини стінки барабана понад 25%; зносу поверхні ручаю (жолоба) блока понад 50% діаметра каната; наявності тріщин на циліндричній поверхні або маточині барабана і блока; зменшення початкової товщини стінки ручая блока понад 10%. У решті випадків вантажні барабани і блоки кранів відновлюють проточуванням ручаїв. Такий ремонт має за мету відновлення кута α_n (рис. 10.4а) прилягання канату до ручая, оскільки його зменшення за зносу до α_z і пов'язане з цим підвищення питомого навантаження негативно впливає на роботу канату.

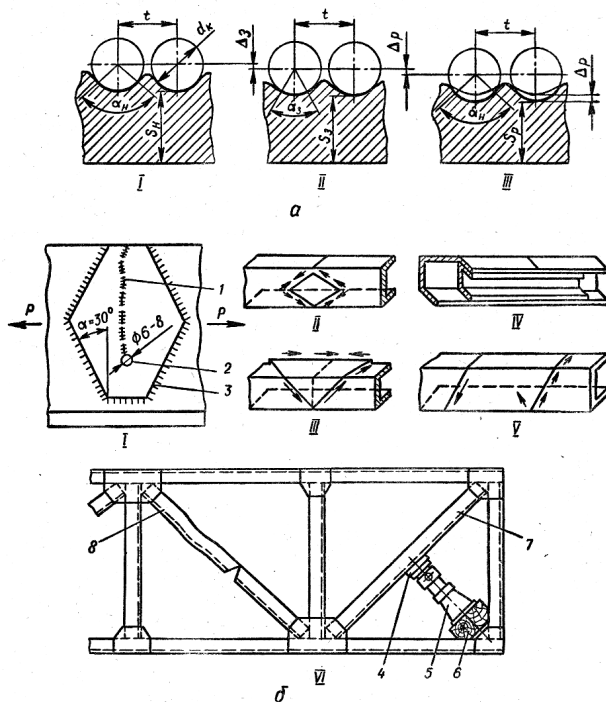


Рис. 10.4 Схеми ремонту елементів конструкції підйомально-транспортних машин:

- а – схеми ручаїв барабана; I – новий; II – зношений $\alpha_z < \alpha_n$; III – відремонтований проточуванням; б – схеми до ремонту металоконструкцій; 1 – ремонт елемента з тріщиною; II, III, IV – накладання відповідно ромбоподібної, трикутної і жолобчастої накладок; V – заміна дефектної ділянки; VI – правка і заміна стрижньових елементів з дефектами; 1 – тріщина; 2 – отвір – деконцентратор; 3 – накладка; 4 – підкладка; 5 – домкрат; 6 – бруси; 7 – елемент, який підлягає правленню; 8 – елемент, який підлягає заміні

У разі проточування міцність барабана перевіряють розрахунком у зв'язку із зменшенням товщини S_p стінки на $\Delta_s + \Delta_p$. Допускають заварювання місцевих відколів і ненаскрізних тріщин у блоках. Зварювання циліндричної частини барабана лебідки дозволяється за наявності на ній однієї тріщини. Наплавлення чавунних блоків і барабанів та зварювання у них тріщин не дозволяється.

Ремонт гальма. Робочу поверхню шківів відновлюють проточуванням, якщо товщина обода після цього становитиме не менше 25% початкової. Після чого виконують термообробку. Дозволяється наплавляти поверхню шківів. Гранично зношені гальмові накладки замінюють новими загальноприйнятими способами.

Ремонт зубчастих муфт зводиться до відновлення зубчастого зацеплення і посадок півмуфт на валах. Ремонт втулково-пальцевих муфт пов'язаний з відновленням посадок маточин на валах і пальців в отворах. Останні обробляють під новий ремонтний розмір і встановлюють пальці збільшеного розміру. Пружні елементи під час ремонту замінюють новими.

Ремонт ходових коліс передбачає відновлення розмірів зношених поверхонь кочення і реборд. За малої кількості коліс застосовують ручне наплавлення, на спеціальних підприємствах з ремонту кранів — автоматичне під шаром флюсу. При цьому одне і те саме колесо можна відновлювати наплавленням кілька разів.

Ремонт зірочок конвеєрів. У разі однобічного зносу зубів зірочки переставляють так, щоб робочою став незношений бік. Зуби з двобічним зносом наплавляють з використанням мідних шаблонів з подальшим газополуменевим загартуванням. Зірочки з поламаними зубами не ремонтують. Маточини і шпонкові пази зірочок відновлюють загальноприйнятими способами.

Ремонт металевих конструкцій. Характерними їх дефектами є руйнування зварних і заклепкових з'єднань, деформації і тріщини в елементах, послаблення болтових з'єднань. Тріщини, раковини та інші дефекти зварних швів усувають їх вирубанням з повторним заварюванням. Ослаблені заклепки замінюють новими збільшеного діаметра. Тріщини у листових елементах металоконструкцій ремонтують заварюванням пошкодженої ділянки. У відповідальних місцях заварені тріщини підсилюють накладками товщиною 0,6–0,7 товщини елемента (рис. 10.46). Шви накладок не можна розміщувати перпендикулярно до зусилля, яке викликає появу тріщини. Вони мають йти похило до нього. Стрижньові елементи ремонтують заварюванням тріщин, вирізанням їх з одночасним накладанням ромбоподібних, трикутних, коробчастих клепа-них накладок, вирізанням дефектного і зварюванням у стик нової ділянки. Приварювання стрижньових елементів виконують у холо-

дному стані і з підігріванням. Незначні прогини елементів конструкції виправляють правленням без підігрівання, за значної деформації або тріщини дефектного елемента його замінюють новим.

Болтові з'єднання елементів металоконструкцій відновлюють свердлінням зношених отворів на збільшений розмір і установленням болтів з відповідним діаметром.

Ремонт електрообладнання і засобів автоматики є окрема самостійна область і виконується загальноприйнятими способами.

Випробування і здавання після ремонту ПТМ – це те саме, що й випробування і здавання в експлуатацію після монтажу нових машин. Після опробування кожного механізму, усунення несправностей і регулювання гальм мостових кранів переходять до технічного освідчення, статичних і динамічних випробувань і здавання крана замовнику. Статичне випробування виконують вантажем, який на 25% перевищує номінальну вантажність крана. Визначають пружну і кінцеву деформації пролітних балок за допомогою відвісів з лінійками і показчиків на підлозі цеху. Відрахунок виконують тричі: до навантаження, після піднімання випробувального вантажу на висоту 200–300 мм і витримування протягом 10 хв та після опускання вантажу. За відсутності кінцевого прогину перший і останній покази мають збігатися, за наявності – кран до роботи не допускається до вияснення і усунення причин прогину. У випадку позитивних результатів статичного випробування виконують динамічне вантажем на 10% більшим вантажності крана. При цьому перевіряють дію всіх механізмів на робочих швидкостях спочатку окремо, а потім разом. Після динамічних випробувань повторно оглядають кран, звертаючи увагу на справність механізмів, нагрівання вальниць, підтікання масла у розніманнях. Результати випробувань оформляють актом. За відсутності несправностей інженер з нагляду дає дозвіл на експлуатацію крана, роблячи відповідний запис у паспорті.

РОЗДІЛ 11

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РЕМОНТУ МАШИН

Автоматизація системи технічного сервісу тракторів, автомобілів і іншої сільськогосподарської техніки сприяє полегшенню умов праці, підвищенню його якості і продуктивності, зниженню собівартості і скороченню термінів ремонту.

Автоматизація виробництва (АВ), процес у розвитку машинного виробництва, за якого функції управління і контролю, що раніше виконувалися людиною, передаються приладам і автоматичним пристроям. АВ – основа розвитку сучасної промисловості, генеральний напрям технічного прогресу. Мета АВ полягає в підвищенні ефективності праці, поліпшенні якості продукції, що випускається, в створенні умов для оптимального використання всіх ресурсів виробництва. Розрізняють АВ: часткову, комплексну і повну.

Часткова АВ, точніше – автоматизація окремих виробничих операцій, здійснюється в тих випадках, коли управління процесами через їх складність або швидкоплинність практично недоступно людині і коли прості автоматичні пристрої ефективно замінюють його. Частково автоматизується, як правило, діюче виробниче устаткування. У міру вдосконалення засобів автоматизації і розширення сфери їх вживання було встановлено, що часткова автоматизація найбільш ефективна тоді, коли виробниче устаткування розробляється відразу як автоматизоване. До часткової АВ належить також автоматизація управлінських робіт.

За *комплексної АВ* ділянка, цех, завод, електростанція функціонують як єдиний взаємозв'язаний автоматизований комплекс. Комплексна АВ охоплює всі основні виробничі функції підприємства, господарства, служби; вона доцільна лише за високорозвиненого виробництва на базі досконалої технології і прогресивних методів управління із застосуванням надійного виробничого устаткування, що діє за заданою або такою, програмою що самоорганізується, функції людини при цьому обмежуються спільним контролем і управлінням роботою комплексу.

Повна АВ – вищий рівень автоматизації, яка передбачає передачу всіх функцій управління і контролю комплексно-автоматизованим виробництвом автоматичним системам управління. Її проводять тоді, коли виробництво, що автоматизується, рентабельне, стійке, його режими практично незмінні, а можливі відхилення заздалегідь можуть бути враховані, а також в умовах недоступних або небезпечних для життя і здоров'я людини.

Визначаючи міри автоматизації, враховують, перш за все, її економічну ефективність і доцільність в умовах конкретного виробництва. АВ не означає безумовне повне витіснення людини автоматами, але спрямованість його дій, характер його взаємин з машиною змінюється; праця людини набуває нового якісного забарвлення, стає складнішою і змістовнішою. Центр тяжіння в трудовій діяльності людини переміщується на технічне обслуговування машин-автоматів і на аналітично-розпорядницьку діяльність.

Робота однієї людини стає також важливою, як і робота цілого підрозділу (ділянки, цеху, лабораторії). Водночас із зміною характеру праці змінюється і зміст робочої кваліфікації: скасовуються багато старих професій, заснованих на важкій фізичній праці, швидко зростає питома вага науково-технічних працівників, які не лише забезпечують нормальне функціонування складного устаткування, але і створюють нові, більш досконалі його види.

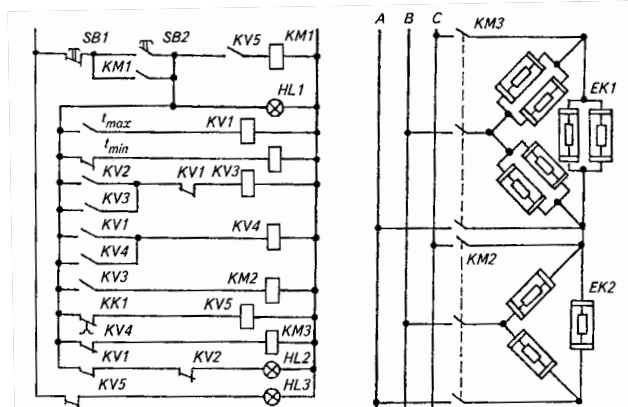
АВ є одним з основних чинників сучасної науково-технічної революції, що відкриває перед людством безпрецедентні можливості перетворення природи, створення величезних матеріальних багатств, множення творчих здібностей людини.

11.1. Автоматизація технологічних операцій ремонту

Основні чинники, визначальна якість і ефективність миття і очищення під час автоматизації. Для якісного проведення очисних операцій з мінімальними енерго- і трудовитратами важливо поряд з вживанням ефективних мийних засобів і установок витримувати технологічні режими. Порушення технологічного режиму очищення призводить до зростання витрат на цю операцію або виробництва неякісної продукції. У зв'язку з цим доцільно автоматизувати контроль і регулювання основних технологічних параметрів (температури, забрудненості, концентрації) в потрібних межах.

Система автоматичного регулювання температури мийних розчинів. У сільськогосподарському ремонтному виробництві застосовують різні способи нагрівання мийного розчину: за рахунок спалювання рідкого палива в спеціальних камерах згоряння; пропусканням пари (газу) змішувиком, поміщеним у ванну з мийним розчином; електричний. Останній спосіб як найбільш економічний, надійний і простий широко застосовують в автоматичних системах регулювання температури рідин, газів. У системах, що реалізують електричний спосіб нагріву, як регулювальні елементи, зазвичай, використовують ТЕНИ погрузного типу у поєднанні з двопо-

Принципову схему системи регулювання температури мийного розчину наведено на рис. 11.1. Всі ТЕНИ розділені на дві групи: 1) ТЕНИ, що вмикаються контактором КМ3 і що працюють лише в період виведення температури мийного розчину до заданого значення (надалі впродовж роботи ці ТЕНИ відімкнені); 2) ТЕНИ, що вмикаються контактором КМ2 і працюють на першій стадії спільно з ТЕНАМИ першої групи, а після виведення температури мийного розчину в бажану ділянку вмикаються періодично для підтримки температури в потрібному діапазоні. Потужність ТЕНІВ першої групи зазвичай визначається часом виведення температури мийного розчину в бажану ділянку і кількістю розчину, а другої групи — втратами теплоти в процесі миття. Як датчик температури мийного розчину використовують манометричний електроконтактний термометр. У разі виникнення яких-небудь несправностей, збоїв, які можуть викликати перевищення температури мийного розчину відносно верхньої межі зони регулювання, в схемі передбачено використання термодатчика КК1, що реагує на це перевищення. При цьому розмикальний контакт КК1 незручлює обмотку реле КВ5, яке відмикає нагрів і вмикає світлову сигналізацію «Аварія». Вмикання контактора КМ1 відбувається після усунення несправності в схемі і подальшого натиснення кнопки SB2



Контроль концентрації мийних засобів у розчинах. Якість очищення знаходиться в прямій залежності від концентрації мийних засобів. Причини її зміни в ТП очищення — це додавання води для

компенсації зливу розчину, а також мийного засобу для відновлення концентрації розчину (що змінюється унаслідок його осадження на деталях, хімічного реагування із забрудненнями, солями і інших випадкових чинників).

У сучасному ремонтному виробництві застосовують мийчі засоби, основу яких становлять лужні електроліти. Відомо, що електропровідність розчинів (на основі таких мийних засобів) має однозначну кореляцію з їх концентрацією і температурою. Тому на практиці для виміру концентрації розчинів застосовують метод оцінювання електропровідності з урахуванням їх температурної похибки.

Схему пристрою, що реалізовує такий метод, наведено на рис. 11.2. Прилад працює таким чином. Сигнал з генератора імпульсів 1 частотою 2,5 кГц подається на ключовий двополярний підсилювач 2, до виходу якого під'єднано електролітичне вічко 3 з опорним опором $R_{оп}$. Напруга, що знижується з цього опору пропорційно струму, що протікає в ньому, а отже, і електропровідності розчину.

На виході амплітудного детектора 5 приладом ПА1 реєструють напругу, пропорційну концентрації мийних засобів в розчинах. Перемикачем SA1 змінюють кількість задіяних в ланцюзі струмообмежувальних резисторів $R3...R7$, які враховують відсоток лужної складової розчину.

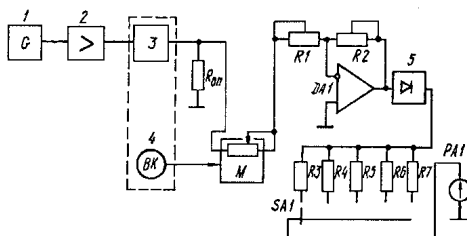


Рис. 11.2. Схема аналізатора мийних розчинів:

1—генератор; 2— підсилювача; 3— електролітичне вічко; 4— датчик температури; 5— амплітудний детектор

Контроль забрудненості розчинів. Якщо такі параметри, як температура, рівень концентрації розчинів, піддаються регулюванню, то зниження мийної здатності розчинів (через перевищення в них норми кількості забруднень) викликає необхідність їх заміни або регенерації (відновлення).

У зв'язку з відсутністю простих і надійних засобів контролю забрудненості розчинів досі про необхідність їх відновлення (або

заміни) судять суб'єктивно з візуального контролю кольору розчину, а також за часом його роботи.

Розроблено досить чутливі, надійні і прості за конструкцією оптичні датчики контролю забрудненості розчинів. Принцип дії такого датчика (рис. 11.3) заснований на виборчому поглинанні частками забруднень світлового випромінювання у видимій і інфрачервоній областях спектра. Датчик виконаний у вигляді ступінчастого циліндричного стакану, що складається з блоку світлового випромінювання 1 з лампою 17 і блоку світлоприймача-перетворювача 6 зі світлочутливим елементом 11. Блоки сполучені між собою шпильками 2.

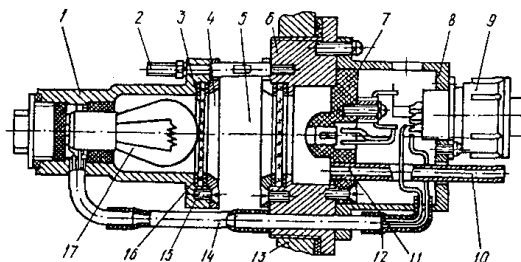


Рис. 11.3. Оптичний датчик для контролю мийних розчинів:

1 — блок світлового випромінювання; 2 — шпильки; 3 — захисне скло-
лінза; 4 — втулки; 5 — вимірник камера; 6 — блок світлоприймача; 7 — під-
стави; 8 — стакан; 9 — роз'єм; 10 — трубки; 11 — фотоеlement; 12 — дроти;
13 — корпус; 14 — захисний рукав; 15, 16 — прокладки;
17 — освітлювальна лампа

По зануренні датчика в розчин вимірювальна камера заповнюється розчином мийного середовища. Оптична характеристика датчика вибрана такою, що вона не реагує на компоненти мийного засобу. За наявності забруднень оптична щільність розчину змінюється і датчик перетворює її на електричний сигнал, пропорційний концентрації забруднень, який реєструється індикатором.

Діапазон значень вимірюваної концентрації забруднень 0.40 г/л, а відносна похибка вимірів не перевищує 8 % за температури контрольованої середовища менше 85 °С.

Система автоматичного управління ТП миття. ТП миття полягає в подаванні в камеру миття складаних одиниць і деталей, опусканні штorkи, що закриває отвір для вимикання розбризкування мийного розчину, вмикання насоса подачі розчину в сопла, забезпеченні відносного переміщення деталей і струменів рідини. Після закінчення терміну миття двигун насоса відмикається, штorka, що

закриває вхідний отвір, піднімається, і корзина з деталями повертається у вихідне положення для видалення парів мийної рідини. Впродовж миття працює витяжна вентиляція. Схему автоматизації ТП миття показано на рис. 11.4.

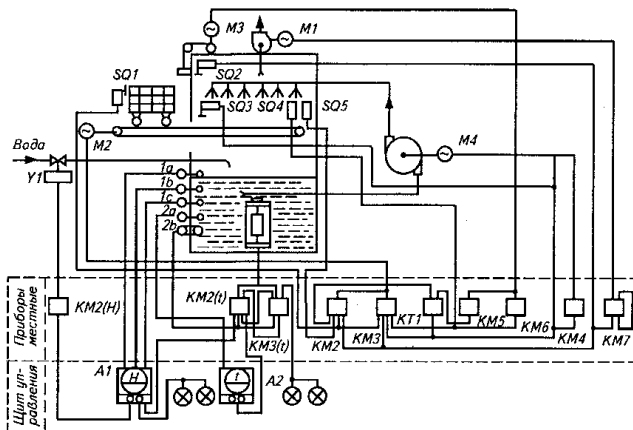


Рис. 11.4. Схема автоматизації мийної машини

Діагностування ділять на три основні етапи: здобуття інформації про технічний стан об'єкта; обробка і аналіз отриманої інформації; діагноз і ухвалення рішення. На основі проведеної діагностики встановлюють вигляд і обсяг ремонтних робіт, перевіряють готовність машин і приводять їх в працездатний стан.

Під час автоматичного діагностування функції оператора зводяться до вмикання системи на початку перевірки і відмикання її наприкінці діагностики. Автоматичні системи діагностики використовують віброакустичні і спектрофотометричні методи контролю з набором електронних приладів.

Віброакустичні методи діагностики дозволяють реєструвати амплітуду акустичних сигналів (шумів і вібрацій) і оцінити характер їх змін. Амплітуда і частота шумів і вібрацій змінюються у міру зношування деталей і збільшення зазорів зв'язаних деталей. Завдання віброакустичної системи діагностики (рис. 11.5) полягає у виділенні сигналу, що створюється виниклим дефектом, з багаточисельних акустичних перешкод, що виникають за нормальної роботи агрегату.

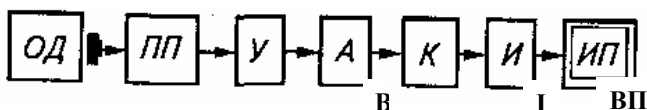


Рис 11.5. Функціональна схема акустичної системи діагностики

Для цього на об'єкті діагностики ОД установлюють датчик акустичних коливань ПП (первинний перетворювач), з якого електричний сигнал подається на підсилювач В, а потім на аналізатор А. На виході аналізатора по чергово виділяються складові (гармоніки) акустичних коливань і у вигляді змінної напруги подаються в квадрататор К, а потім в інтегратор І і вимірювальний прилад ВП. Квадратор на виході дає значення потужності (у вигляді квадрата напруги), а інтегратор усереднює потужність вібрацій досліджуваного діапазону частот за певний проміжок часу. Значення потужності реєструє ВП.

Спектрофотометричний метод діагностики заснований на визначенні вмісту продуктів зносу в пробі масла шляхом виміру спектрів випромінювання під час спалювання проби масла в електричній дузі. Спектри фотографують, а потім розшифровують за спеціальними спектрограмами або за допомогою ЕОМ. За результатами періодичних аналізів будують графіки інтенсивності зношування і прогнозують працездатність об'єкту діагностики.

Для оцінювання технічного стану і регулювання двигунів внутрішнього згорання служать мото-тестери. За допомогою цих приладів можна визначити параметри системи запалення карбюраторних двигунів, системи енергопостачання і пуску двигуна, а також оцінити ефективність роботи його окремих циліндрів.

Автоматизація відновлення деталей. Технологія відновлення зношених деталей сільськогосподарської техніки гальванічним способом заснована на осадженні металів шляхом електролізу водних розчинів солей металів або кислот (хромування).

Для здобуття якісного нарощування металів використовують різні методи зміни полярності і форми струму електролізу: а) автоматичне реверсування струму, тобто періодичну зміну полярності напруги на деталі з негативною на позитивну, і навпаки; б) асиметричний, тобто випрямлений струм з різним коефіцієнтом випрямлення. Реалізацію одного з таких методів розглянемо на прикладі універсального джерела струму для живлення електролітичних ванн (рис. 11.6а).

Пристрій дозволяє вести процес нарощування металу на однофазному асиметричному і трифазному випрямленому струмах з можливістю переходу з одного режиму на інший без переривання

За відімкненого перемикача SA2 працюють тиристори VD4 і VD1, які забезпечують асиметричну форму струму, показану в лівій частині рис. 11.6б. За увімкненого SA2 працюють тиристори VD1–VD3. Вони дають пульсуючу форму випрямленого струму, показаного в правій частині рис. 11.6б. Змінюючи напругу на первинній обмотці трансформатора (перемиканням), встановлюють задану щільність струму на відновлюваній деталі (від 3 до 6 кА/м). За допомогою програмного механізму ПУ автоматично змінюють в процесі гальванопокриття кут відкриття тиристорів VD1–VD4. Відповідно до тимчасової діаграми рис. 11.6 б процес осадження металу розбивається на декілька циклів. Після занурення деталей у ванну і під'єднання електродів вмикається програмний пристрій ПУ (рис. 11.6а), який через певну витримку часу t_0 встановлює задані для деталі щільності струму прямої півхвилі (катода j_k) і зворотної півхвилі (анода j_a). Через час $t_1 \leq t_{хв}$ програмне реле протягом $t_2 = 3 \text{ хв}$ плавно знижує щільність струму j_a до нуля. Після цього за

час t_3 відбувається плавне збільшення щільності випрямленого катодного струму до граничного значення $j_{\text{кл}}$. Щільність струму j_k і час t_3 вибирають і корегують залежно від заданих параметрів мікротвердості, зчеплюваності і товщини нарощуваних покриттів, а також від температури, кислотності і концентрації електролітів.

За допомогою ПУ відбувається автоматичне управління параметрами режимів обробки, а саме температурою електроліту, щільністю струму, кислотністю розчинів і часом витримки деталей у ванні, що забезпечує задану товщину покриттів. Програмний пристрій має відповідні регулятори.

Автоматичне регулювання температури особливе важливе під час хромування, хімічного нікелювання і залізнення. У цих процесах коливання температури електроліту має не перевищувати 2°C . Для малих ванн застосовують двопозиційні регулятори, для великих — регулятори пропорційно-інтегральної дії, які управляють електричним обігрівачем розчину.

Автоматичне регулювання щільності струму відбувається за рахунок зміни кута відкриття тиристорів VD1...VD4 (див. рис. 11.6а). Задане значення щільності струму встановлюється програмним пристроєм ПУ залежно від режиму електролізу, а фактичне — вимірюється і визначається за значенням падіння напруги на шунтах резисторів R1 і R2. Фактичне значення струму доводиться до заданого за допомогою випрямлячів КУ і А регуляторів струму РКТ, РАТ і блоків управління тиристорами БФУК, БФУА.

Автоматичне регулювання кислотності забезпечує здобуття якісного осаду металу на деталях. Кислотність вимірюють рН-метрами, а корегують додаванням в електроліт луту або кислоти.

Автоматичне регулювання заданої товщини покриття здійснюється або за допомогою лічильника ампер-годин, або за допомогою програмного реле часу.

Автоматизація гальванометричних процесів підвищує якість покриттів, знижує вартість обробки, трудомісткість робіт і витрату хімікатів, покращує умови праці і прискорює процес ремонту.

Обкатування — завершальна операція під час ремонту двигунів внутрішнього згорання (ДВС). Вона забезпечує прироблення поверхонь деталей, що взаємно труться, у процесі обкатування виявляються і усуваються дефекти, що знижують надійність ДВС в експлуатації.

На практиці широко використовують і автоматичні обкатувально-випробовочні стенди з асинхронно-вентильним підсилювачем потужністю вище 60 кВт. Стенд містить кінематично сполучений з валом обкатуваного ДВЗ 3 асинхронний електродвигун 1 (рис. 11.7) з фазним ротором.

623

Перехід з одного режиму на наступний відбувається автоматично, від датчика 4, швидкості зміни температури масла. Як тільки температура масла в змашувальній системі припиняє своє зростання, то за холодного обкатування на рівень збільшується частота обертання, а за гарячого — крутий момент. За повторної стабілізації температури виробляється сигнал для переходу на наступний рівень обкатування.

Фарбувальні роботи. Автоматизація цих робіт спрямована на економію лакофарбних матеріалів і створення оптимальних умов праці для людей.

Для механізації процесу нанесення лакофарбних покриттів запропонована конструкція установки УОД-1 (фарбовий маніпулятор), у якій в процесі фарбування автоматично підтримуються параметри нанесення покриттів і зворотно-поступальне переміщення розпилювачів по півколу при безперервному русі виробів на підвісному конвеєрі.

Для комплексної автоматизації процесів фарбування рекомендується створення роботизованих фарбувальних установок з використанням роботів типу РП (для плоских виробів або деталей, які переміщують до них) і типу РБ (для об'ємних виробів).

Під час проектування нових і реконструкції існуючих фарбувальних відділень, дільниць і цехів потрібно враховувати те, що пневморозпилення і електрофарбування є найбільш поширеними і доступними для механізації і автоматизації методами фарбування виробів.

Для вибору і розрахунку оптимальної схеми автоматичного фарбування слід виходити з габаритів і форми виробів, особливостей технологічного процесу, а також найбільш зручної форми навішування і знімання виробів. Автоматизація процесів фарбування досягається застосуванням різних засобів пересування розпилювачів і виробу, що фарбується з автоматичним режимом роботи розпилювачів, а також механізмів і приладів, що використовуються у технологічному процесі.

Вибираючи тип фарборозпилювача і діаметра матеріального сопла потрібно враховувати ширину відбитка факела, що знаходиться в прямій залежності від продуктивності. Основним параметром автоматизованого фарбування пневматичним розпилюванням є ширина факела за робочої відстані головки розпилювача від поверхні, що фарбується.

Визначальним параметром будь-якого виду автоматичного фарбування є крок фарбування, який, у свою чергу, знаходиться в прямій залежності від розмірів факела.

Щоб отримати суцільне і рівномірне за товщиною покриття, розпилювач має переміщатися вздовж або впоперек виробу, фарбуючи смугу поверхні завширшки рівно ширині K плоского факела розпилювача. Потім розпилювач або виріб, що фарбується (залежно від прийнятої схеми фарбування) мають зміститися на величину кроку фарбування S для фарбування наступної смуги (рис. 11.8). Для отримання найбільш рівномірного покриття за товщиною необхідно дотримуватися такого співвідношення:

$$S=0,7K, \quad (11.1)$$

де S – крок фарбування, мм (для безповітряного розпилення $S=0,95K$);

K – ширина плоского факела, що утворюється фарборозпилювачем, мм.

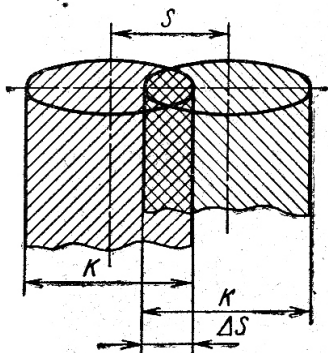


Рис.11.8. Схема фарбування за плоского факела розпилювача

Для визначення швидкостей переміщення фарборозпилювача і виробу, а також частоти обертання виробів циліндричної форми за автоматизованого фарбування використовують коефіцієнт швидкості C :

$$C = \frac{Q_k}{q}, \quad (11.2)$$

де C – коефіцієнт швидкості, $\text{м}^2/\text{хв}$;

Q_k – продуктивність розпилювача за певного діаметра сопла і робочої в'язкості мате-

ріалу, $\text{г}/\text{хв}$;

q – витрата лакофарбового матеріалу на 1 м^2 площі, що фарбується $\text{г}/\text{м}^2$.

11.2. Застосування промислових роботів у ремонтному виробництві

Поєднання дрібносерійного або серійного характеру виробництва під час ремонту машин з постійною номенклатурою оброблюваних деталей дає можливість застосовувати автоматику циклового або копіювального типу (наприклад, промислових роботів з числовим програмним керуванням, які мають просту конструкцію,

надійні і зручні в експлуатації і не потребують великих витрат часу на переналагодження).

Сучасне виробництво неможливе без застосування нових універсальних автоматизованих технічних засобів, званих роботами і маніпуляторами .

Автоматичні маніпулятори з програмним керуванням – промислові роботи (ПР) – новий універсальний засіб комплексної автоматизації виробничих процесів, що відрізняються здібністю до швидкого переналагодження послідовності, швидкості і змісту маніпуляційних дій.

За рахунок можливості швидкого переналагодження промислові роботи забезпечують найбільший ефект в умовах частої зміни об'єктів виробництва, а також під час автоматизації ручної праці. Як показує досвід, комплексне застосування промислових роботів дозволяє підвищити продуктивність праці в середньому в півтора – два рази, змінність роботи устаткування в 1,5–1,8 рази.

Використання ПР відкриває перспективи створення принципово нових технологічних процесів не пов'язаних з обмеженнями, що накладаються безпосередньою участю людини.

Вдосконалення виробничих процесів забезпечується за рахунок автоматизації допоміжних та суміжних операцій.

Автоматизація технологічних процесів може здійснюватися шляхом використання напівавтоматичних установок, маніпуляторів і промислових роботів.

Практично будь-який процес можна представити як сукупність простих операцій :

- зміна напрямку руху ;
- утримання контрольованих параметрів в межах норм ;
- вмикання і відмикання пристроїв .

Характеристика та устрій ПР. Автоматизована технічна система, як правило, містить чотири основні ланки : робочий орган, перетворювач, джерело енергії і системи керування. Як найповніше цим вимогам відповідають промислові роботи (ПР) (табл. 11.1), які складаються з виконавчого пристрою – маніпулятора, що включає робочий орган – захват; перетворювача, який копіює дії людської руки, та працює від приводу і пристрою для перепрограмування з дистанційним управлінням

Під час вибору робота або маніпуляторів слід враховувати, що ефективність роботизації, в першу чергу, залежить від того, наскільки повно враховані вимоги технологічного процесу. Значну роль у складі роботизованих комплексів відіграють транспортна та накопичувальна системи, які забезпечують зберігання, орієнтацію, поштучну видачу і транспортування деталей і виробів. Під час ви-

бору маніпулятора або робота за виглядом приводу враховуються їх динамічні і енергетичні особливості, а також умови експлуатації.

Електромеханічний привід характеризується за вантажністю. Його характеристики не залежать від зовнішніх умов роботи. До переваг електропривода належать: доступність електричної енергії, легкість регулювання, висока точність позиціонування, безшумність і високий показник надійності.

Недоліком електропривода є низька питома потужність, наявність колектора для двигунів постійного струму і наявність пристроїв для фіксації положення робочого органу.

Таблиця 11.1

Характеристики промислових роботів і маніпуляторів країн СНД

Призначення	Модель ПР	Вантажність, кг	Точність позиціонування, мм	Виліт руки, мм	Вид управління *
Складальні ПР	УМ-1,25	1,25	0,05	-	е
	РС-6	0,5	0,05	-	е
	M20K	20	0,05	-	е
	M40B.05.П	40	0,5	-	е
Стационарні ПР з підйомною кареткою	МАН-63С	63	3	1495	г
	СМ40Ц40.11	40	1,5	672	п
	С7505.03	250	3	1580	г
Стационарні з консольним підйомачем	Універсал 15М	15	0,3	2294	е
	Універсал 50М	50	0,3	1810	п
	Циклон -5.01	10	0,1	1560	п
	Універсал 60	60	0,3	2100	п
Стационарні з багатоланковою рукою	Контур	3	3	2080	е
	Контур	3	3	2000	е
	ПРК-20	20	3	-	п
Підвісні ПР тельферного типу	СМ80Ц.48.11	80	1,5	800	е
	УМ160Ф2.81.01	160	0,5	2300	п
	СМ160Ф2.05.01	320	0,5	1800	г

* Примітка: е – електричний привід, п – пневматичний привід,

г – гідравлічний привід

Електрогідравлічний привід використовує як енергоносії мінеральні оливи. Основні його переваги – висока швидкість, мала інерційність, висока точність позиціонування, великий коефіцієнт зусилля за потужністю, високий к.к.д., мала питома маса і об'єм, простота автоматизації, низька вартість. Вантажність практично без обмежень.

Основні недоліки гідроприводу – вплив температури навколишнього середовища. У зв'язку з великим тиском можливі витoki рідини. Обслуговування гідравлічних маніпуляторів і роботів, зазвичай, складніше, ніж пневматичних і електромеханічних.

У пневматичних приводах зазвичай використовується енергія стислого повітря. Пневматичний привід застосовують в ПР невеликої вантажності (до 20 кг) з простим цикловим управлінням. Перевага пневматичного приводу – простота конструкції, мала відносна маса.

Недоліки пневматичного приводу: значні розміри, невисокий к.к.д., складність забезпечення регулювання і управління переміщенням з високою точністю позиціонування у зв'язку з високою пружністю робочого середовища (повітря).

Важливу роль під час вибору робота відіграє його кінематична схема. Кінематичні схеми, що визначають характер руху руки – маніпулятора, зводяться до таких типових варіантів:

- тільки поступальна хода в об'ємно-прямокутній зоні;
- тільки обертальний рух;
- одне обертальне і два поступальних за різними осями координат;
- одне поступальне і декілька обертальних за різними осями координат.

Залежно від способів завдання і реалізації програми системи управління ділять на дві групи: циклові і з програмованим переміщенням. Циклові системи не відрізняються складністю у виконанні програми, мають низьку вартість і можуть зберігати інформацію за вимкнення живлення.

Недоліки – складність процесу налагодження, відсутність можливості зберігати відпрацьовану програму поза системою промислових роботів.

Найбільш універсальні ПР з автономними системами управління, в яких використані міні ЕОМ або мікропроцесори. У найзагальнішому вигляді ідея руху робота полягає в тому, що сенсорні датчики, які представляють систему сприйняття, пізнають і формують вектор спостережень. Положення ПР, його координати, отримані з датчиків, порівнюються з програмою, яка визначає його подальший рух.

Технологію використання робота і схему робочих рухів його виконавчих механізмів описує циклограма-графік робочого циклу. Керуючись вибраним принципом управління, рекомендується складати блок-схему управління, а потім структурну і електричну схеми.

Роботизацію ремонтного виробництва застосовують за його концентрації і високого ступеня спеціалізації: очищення машин і

деталей; розбирання агрегатів, що ремонтуються на вузли і деталі; контрольно-дефектувальних операцій; відновлення деталей (для роботи у складі технологічних ліній); фарбувальних робіт; розвантажувально-завантажувальних і складських.

Промислові роботи надлегкої вантажності (РФ-201М, МП-90) рекомендують для основних і допоміжних операцій з ремонту електрообладнання, приладів, паливної апаратури.

Технологічні роботи призначені винятково для певних основних технологічних операцій, оскільки це зумовлюється особливостями кінематики і системи керування, їх застосовують для зварювання, наплавлення, фарбування.

Універсальні роботи (РПМ-25, Бриг-10Б, Универсал 15.04) можна використовувати як для автоматизації допоміжних операцій з обслуговування технологічного обладнання найрізноманітнішого призначення, так і для безпосереднього виконання основних технологічних операцій ремонту машин.

Підйнятно-транспортні роботи (ТУР-Ш, ТРТ-1-250) призначені для виконання транспортно-складських і завантажувально-розвантажувальних операцій з обслуговування 3–5 одиниць технологічного обладнання. Роботи цієї групи оснащені найпростішими захватами.

Змонтований на монорейці робот ТРТ-1-250 переміщує деталі загальною масою до 250 кг у спеціальному контейнері з ділянки розбирання на мийну (завантажує контейнер в очищувальну ванну, виймає звідти і переміщує на ділянку дефектації).

ТУР-10 можна використати безпосередньо для дефектації автоматичним вимірювальним пристроєм (індукційним, пневматичним тощо), суміщеним із захватним органом промислового робота.

Фарбувальні роботи (Колер, Контур-002) оснащені контурними системами програмного керування. Програмування промислового робота для фарбування здійснюється навчанням за першим циклом. Для цього під час фарбування першого виробу оператор вручну переміщує «руку» робота разом з фарборозпилювачем необхідною траєкторією з потрібною швидкістю. Отримана послідовність переміщення записується у пам'яті системи керування промислового робота і може потім відтворюватися в автоматичному режимі. Можливе зберігання в пам'яті кількох програм і відтворення їх без переналадки під час фарбування різних відремонтованих виробів.

Сучасні тенденції розвитку робототехніки в світі. Сьогодні Gudel AG (Швейцарія) – визнаний світовий лідер у створенні роботів і роботизованих систем. Роботи Gudel застосовуються на підприємствах Airbus і Boeing, а також на виробництвах, що входять до

складу EADS і NASA. Складальні лінії Gudel встановлені на заводах Audi AG, Caterpillar Inc., DaimlerCrysler AG, Fiat Auto SPA, Ford Motor Corp., Hyundai Motor Co. і Toyota Motor Corp. Промислові роботи нового покоління від Gudel можуть працювати в агресивних середовищах, в умовах підвищеної радіації, тиску і температури (рис. 11.9). Роботи і маніпулятори можуть працювати без участі людини, і тому незамінні на вибухо- та пожежонебезпечних виробництвах, на підприємствах, пов'язаних з небезпекою хімічного отруєння, радіаційного або біологічного зараження.

Роботи фірми Mitsubishi Electric – це широкий вибір моделей і версій, щоб задовольнити всім вимогам більшості сучасних промислових підприємств, і вони також забезпечують надзвичайну гнучкість, потрібну для швидкої переконфігурації систем виробництва.



Рис. 11.9. Промисловий робот фірми Gudel AG (Швейцарія)

Mitsubishi Electric розробила нову серію роботів MELFA RV-6S/SL, RV-12SL (рис. 11.10) з приголомшливими можливостями: роботи з 6 степенями свободи, з вантажністю 12 кг, радіусом дії до 1384 мм і точністю $\pm 0,05$ мм, новий ряд моделей RV-S буде незамінний у виробництві. Вони можуть переміщатися з максимальною швидкістю 9500 мм/с. Ступінь захисту IP65 дозволить працювати в особливо важких умовах, наприклад, у секторі автотракторної промисловості. Сучасна технологія, використовувана в цих моделях, дозволяє збільшити швидкість роботи, що значно зменшить час циклу роботи.

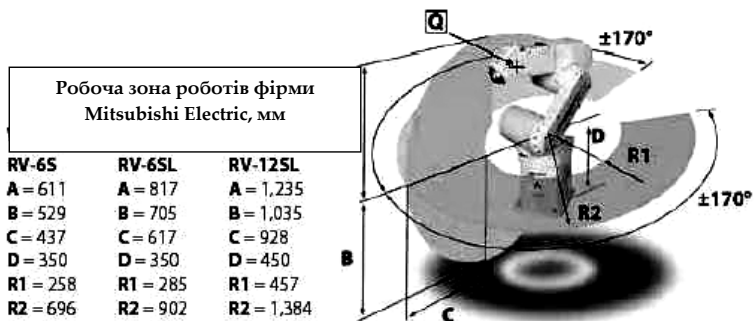


Рис. 11.10. Характеристика робочих зон роботів

РОЗДІЛ 12

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

12.1. Показники якості і методи оцінювання рівня якості відремонтованої сільськогосподарської техніки

У міру насичення ринку різними видами продукції і послуг свого споживача знайдуть лише ті, які відповідають вимогам, пред'явленим до цієї продукції. Без постійного підвищення якості неможливі досягнення і підтримка ефективної економічної діяльності підприємства.

За Міжнародною організацією з стандартизації (ISO) *якість* — це сукупність властивостей і характеристик продукції (або послуг), що забезпечує задоволення встановлених або передбачуваних потреб.

Кожен вид продукції (послуг) характеризується своєю номенклатурою показників якості, залежною від призначення цієї продукції. Стосовно нової сільськогосподарської техніки, що випускається заводами тракторного і сільськогосподарського машинобудування, якість визначають за 11 групами одиничних показників якості (ПЯ), зокрема показниками призначення, надійності, економічності, технологічності, транспортабельності, стандартизації і уніфікації, безпеки, а також ергономічними, екологічними, естетичними і патентно-правовими показниками.

Показник надійності (ПН) характеризує властивості об'єкта зберігати і відновлювати його працездатність в процесі експлуатації. Споживачеві потрібні вироби, що мають високі якісні показники у процесі користування і стабільно зберігають їх протягом довгого часу.

Показник економічності (ПЕ) характеризує витрати праці і засобів під час виготовлення об'єкта і його експлуатації. Перший ПЕ характеризує трудомісткість виробництва, металоємність конструкції, пристосованість складових елементів конструкції до механізованого виробництва.

Другий ПЕ характеризує питому витрату паливомастильних матеріалів під час експлуатації, продуктивність, витрати праці і коштів на технічне обслуговування і ремонт.

Показник технологічності (ПТ) характеризує пристосованість конструкції до її виготовлення і експлуатації. Перший з ПТ (пристосованість до виготовлення) називають *виробничою технологічністю*, а другий (пристосованість до виконання виробничих функцій,

технічного обслуговування і ремонту) — експлуатаційною технологічністю.

Показник транспортабельності (ПТР) характеризує пристосованість об'єкта до транспортування, наприклад під час його перевезення залізницею або у разі переїзду на далекі відстані.

До ПТР належать такі оцінювальні показники, як середня тривалість (трудомісткість) підготовки об'єкта до транспортування, його встановлення на засіб перевезення, розвантаження з певного вигляду транспорту. ПТР визначають для конкретного виду транспорту: залізничного, автомобільного, водного і повітряного.

Показник стандартизації і уніфікації (ПСУ) характеризує насиченість об'єкта стандартними, уніфікованими і оригінальними частинами, а також уніфікацію з іншими виробами. До стандартних належать складові частини виробу, що випускаються за державними або галузевими стандартами. Уніфіковані складові частини випускають за стандартами підприємства або отримують в готовому вигляді як комплектуючі деталі або складанні одиниці.

До оригінальних належать частини об'єкта, розроблені лише для цього виробу.

Показник безпеки (ПБ) характеризує особливості конструкції об'єкта, що обумовлюють безпеку обслуговчого персоналу під час його експлуатації. Їх облік потрібен для забезпечення безпечних умов роботи людини за наявності механічних, електричних і теплових дій, а також акустичних шумів.

ПБ оцінюють кількісно і якісно. До кількісних ПБ належать тиск спрацювання клапана-бустера гідророзподільника, опір ізоляції струмопровідних частин і так далі. Якісні характеристики ПБ — наявність ременів безпеки, аварійній сигналізації і так далі.

Ергономічний показник (ЕРП) характеризує не окремий об'єкт, а систему людина – машина з точки зору зручності і комфорту експлуатації конкретного виробу. До нього належать: відповідність органів управління машиною можливостям людини, створення комфортних умов під час роботи. Для цього на тракторах і комбайнах встановлюють, наприклад, герметизовані кабіни з опалювальними пристроями і кондиціонерами, знижують в них рівень шуму і вібрацій.

Екологічний показник (ЕКП) характеризує ще складнішу систему чоловік – машина – виробниче середовище з огляду на рівень шкідливих дій на людину, природу, що виникають в процесі експлуатації машин, який враховує надходження в природне середовище стічних вод і інших шкідливих викидів для зниження вмісту забруднювальних речовин в атмосфері, водоймищах, річках і ґрунті до кількостей, що не перевищують їх гранично-допустимі концентрації (ГДК).

За кількісного оцінювання ЕКП визначають вірогідність викидів в довкілля шкідливих часток, газів, випромінювань й інших забруднень. Допускається вживання якісних характеристик, таких, як наявність очисних споруд, пилеуловлювачів і тому подібне.

Естетичний показник (ЕСП) характеризує раціональність форми, цілісність композиції і досконалість виробничого виконання виробу. Вони набувають все більшої значущості під час контролю якості техніки. ЕСП оцінює експертна комісія, що складається з кваліфікованих фахівців з досвідом художнього конструювання.

Патентно-правовий показник (ППП) характеризує обсяг оновлення технічних рішень, використаних у конкретному об'єкті, їх патентний захист, а також можливість безперешкодної реалізації виробу за кордоном. Основні з них — патентний захист і патентна чистота.

Порівнюючи ці показники для різних виробів (різних марок тракторів, комбайнів та інших машин), можна кількісно оцінити рівень їх якості. Рівень якості — це відносна характеристика, заснована на порівнянні значень показників якості оцінюваної продукції і відповідних показників продукції, прийнятої як база для порівняння:

$$P_k = \sum_{i=1}^n Q_{i0} / \sum_{i=1}^n Q_{i\bar{0}} , \quad (12.1)$$

де, Q_{i0} , $Q_{i\bar{0}}$ — значення i -го показника якості відповідно оцінюваного і базового виробу в балах або ін. од. виміру; $i = 1, 2, 3, \dots, n$ — кількість показників якості виробу.

Номенклатура показників якості *продукції ремонтних підприємств* має деякі особливості порівняно з продукцією підприємств, що випускають нові вироби. Вони полягають в тому, що для продукції ремонтних підприємств показники якості мають кількісно характеризувати лише ті властивості продукції, які можуть змінитися як результат дії чинників виробничого процесу ремонту.

Так, в процесі ремонту конструкція машини, як правило, не змінюється, а отже, і такі показники якості, як технологічність, транспортабельність, показники призначення, стандартизації і уніфікації, патентно-правові показники, також не застосовуються.

Всі останні показники, зокрема показники надійності, економічності, безпеки, ергономічності, екологічності, естетичності, змінюються в процесі ремонту машини. За їхніми значеннями слід оцінювати рівень якості відремонтованих виробів.

Рівень якості відремонтованого виробу за перерахованими одиничними показниками контролюють порівнянням з відповідними значеннями показників якості нового виробу.

Окрім порівняння значень одиничних показників під час оцінювання рівня якості відремонтованих виробів допускається використання і інших методів оцінки.

Під час оцінювання рівня якості відремонтованих виробів за показниками дефектності використовують коефіцієнт дефектності продукції:

$$K_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a m_i r_i, \quad (12.2)$$

де, n – кількість одиниць виробів (вибірка); a – кількість видів дефектів; m_i – кількість дефектів цього виду; r_i – коефіцієнт вагомості кожного виду дефектів, який визначається експериментальним шляхом або за вартістю усунення дефекту даного вигляду.

Під час оцінювання рівня якості відремонтованих виробів за чинниками, що характеризують ремонт, оцінюють якість технологічної документації, технологічного устаткування і оснащення, засобів вимірювання і випробувального устаткування, а також якість праці осіб, що ремонтують виріб.

Якість технологічної документації оцінюють шляхом її повної або вибіркової експертизи за показниками, що характеризують: забезпечення вимог, установлених нормативно-технічною документацією; обґрунтованість і повноту встановлених планів контролю і випробувань; відповідність стандартам номенклатури технічних документів, їх оформлення, порядку обліку, зберігання і внесення змін.

Якість ремонтно-технологічного устаткування визначають за допомогою вибірових вимірів основних параметрів устаткування і оснащення, їх порівняння з паспортними даними, а також перевірки виконання графіків технічного обслуговування і ремонту цього устаткування.

Якість праці осіб, що ремонтують вироби, оцінюють так: вибірковою перевіркою дотримання технологічної дисципліни з операцій; виміром параметрів деталей і складаних одиниць після їх ремонту; аналізом представлених підприємством даних щодо внутрізаводського браку і рекламациями; аналізом положень, що діють, наказів, розпоряджень щодо матеріального і морального стимулювання; ознайомленням в цехах і на ділянках з культурою виробництва і організацією робочих місць.

Для підвищення якості виробів, що ремонтуються, необхідно об'єднати всі впливи у єдину цільову систему, яка передбачає комплекс організаційних, технологічних, економічних і соціальних заходів. Цю систему можна уявити у вигляді графічної моделі (рис. 12.1), яка складається із входу (потік ремонтного фонду), виробничого процесу, виходу (відремонтовані машини, вузли, агрегати); ке-

рування і зв'язків. Безпосередньо у технологічному процесі формування властивостей і характеристик виробів здійснюється із основних, допоміжних і обслуговувачих робіт.

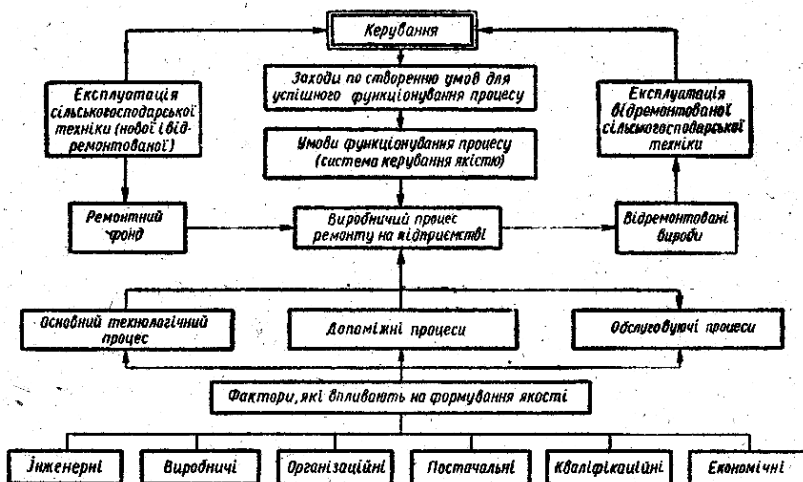


Рис. 12.1. Схема системи формування якості ремонту виробу

12.2. Система і організаційні основи управління якістю продукції на ремонтних підприємствах

Високої якості продукції досягають завдяки продуманій і добре організованій системі управління якістю.

За міжнародними стандартами ISO серії 9000 *система якості* – це сукупність організаційної структури, методик, процесів і ресурсів, потрібних для спільного керівництва якістю, тобто це ті аспекти спільної функції управління, які визначають політику щодо якості.

Оперативне управління якістю в міжнародному стандарті ISO визначається терміном «управління якістю», під якою розуміють оперативні методи і види діяльності, використовувані для виконання вимог до якості. Довготривале управління якістю і підприємством загалом визначається терміном «загальне керівництво якістю» – підхід до керівництва підприємством, націлений на якість і заснований на участі всіх його членів на досягнення довгострокового успіху шляхом задоволення вимог споживача і вигоди для членів підприємства (організації) загалом.

На підприємствах України створені і функціонують системи управління якістю продукції на трьох ієрархічних рівнях: загальнодержавному, галузевому і підприємства.

Загальнодержавний, або верхній ієрархічний рівень, управління якістю продукції представляють законодавчі органи, Уряд України. Основний метод управління — законодавство як форма державного регулювання якості і методів його забезпечення. З цієї метою ухвалені Закони України «Про захист прав споживачів», «Про стандартизацію», «Про сертифікацію продукції і послуг», «Про забезпечення єдності вимірів» і ін.

На рівні галузі управлінську систему, представляють міністерства, інспекції за якістю, метрологічному контролю і нагляду, сертифікації.

На рівні підприємств, або нижньому ієрархічному рівні управлінську систему представляють відділи головного конструктора (технолога, механіка), технічного контролю якості, надійності тощо.

Під управлінням якістю ремонту машин слід розуміти встановлення, забезпечення і підтримку оптимальної якості під час розробки технології і проведення ремонту, зберігання, транспортування і експлуатації машин за систематичного контролю якості і цілеспрямованої дії на впливові умови і чинники.

Чинник — причина або конкретна рушійна сила, здатна поліпшити або погіршити властивості продукції. До чинників належать предмети праці, його засоби і сама праця. Їх з'єднання змінює властивості матеріалу або виробу таким чином, що вони стають здатними задовольняти певні потреби.

За комплексного підходу до проблеми підвищення якості ремонту до основних чинників, що впливають на показники якості відремонтованих машин, належать: стан ремонтного фонду, технологічного устаткування, оснащення, інструменту, засобів виміру і контролю, випробувального устаткування; якість запасних частин, комплектуючих виробів і матеріалів; кваліфікацію кадрів; організацію технологічних процесів очищення, розбирання, дефектації, відновлення деталей, комплектації, збирання, обкатування, випробування і фарбування.

Під умовою підвищення якості розуміють обставини або середовище, в якій діють чинники, що впливають на формування якості.

У певних умовах чинник підвищення якості може зробити найбільший вплив на показники якості ремонтної продукції за мінімальних витрат. Інколи умови можуть бути такими, що не сприятимуть повній дії чинника на підвищення якості ремонту. Тоді на поліпшення якості витрачають більше часу і засобів. За маш-

табом дії умови можуть бути приватними або спільними. До перших належать умови, характерні для цього підприємства, до інших — умови для всіх підприємств даного типу.

Основні умови, що сприяють прояву чинників підвищення якості ремонту машин, — матеріальне і моральне стимулювання виконавців за якість роботи, взаємозв'язок між ціною за ремонт і якістю відремонтованих виробів, організація праці.

Організаційна основа управління якістю продукції і послуг — система стандартизації, що включає державні, галузеві стандарти (ГОСТи, ОСТи), технічні умови (ТУ), технічні вимоги (ТТ), керівні технічні матеріали (РТМ), стандарти підприємств (СТП).

12.3. Види і методи контролю якості продукції

Завдання і функції служби технічного контролю. Важливий складовий елемент системи управління якістю продукції на стадії виробництва — організація і проведення технічного контролю якості.

Технічний контроль — це перевірка відповідності продукції або технологічного процесу, від якої залежить якість продукції, встановленим стандартам або технічним вимогам. Технічний контроль виконують на всіх стадіях виробництва: від контролю якості матеріалів, що надходять, запасних частин, комплектуючих виробів до випуску готової продукції. Зазвичай на ремонтних підприємствах якість продукції, що випускається, контролюють працівники відділу технічного контролю (ВТК).

Основні завдання ВТК — своєчасне здобуття повної інформації про якість продукції, достаток устаткування і технологічних процесів з метою запобігання неполадкам і відхиленням, які можуть призвести до порушення вимог стандартів, технічних умов і випуску неякісної продукції.

На відділ технічного контролю покладено: планування і розробку методів забезпечення якості продукції; контроль і стимулювання підвищення якості. Планування і розробка методів забезпечення якості полягає:

- у зборі, обробці і аналізі інформації про якість з сфери виробництва (ремонт) і експлуатації;
- у розробці методів контролю, які забезпечують порівнянність і надійність результатів контролю якості;
- у розробці спільно з іншими підрозділами технічних умов, стандартів для управління якістю продукції.

Контроль за якістю полягає:

- у вхідному контролі якості матеріалів, запасних частин, відремонтованих за кооперацією виробів;

- в операційному контролі за дотриманням установленого технологічного режиму;
- у контролі за достатком устаткування і інструменту (різального і вимірювального);
- у контролі за достатком готової продукції (деталей, складаних одиниць, виробів).

Види і методи технічного контролю. Контроль за якістю ремонту на ремонтних підприємствах різноманітний. Його можна класифікувати:

- за стадіями виробничого процесу — вхідний, операційний, приймальний і інспекційний;
- за мірою охоплення — суцільний і вибірковий;
- за часом проведення — леткий, безперервний і періодичний.

Вхідний контроль — це контроль продукції постачальника, що надійшла до споживача або замовника і призначалася для використання під час ремонту або експлуатації продукції. Такому контролю піддають запасні частини, матеріали і вироби, ремонт яких проводили інші підприємства по кооперації.

Операційний контроль — контроль продукції або процесу під час виконання або після завершення технологічної операції. Проводять на тих операціях, де найбільш вірогідна поява дефектів.

Приймальний контроль — контроль продукції, за результатами якого приймають рішення про її придатність до використання.

Інспекційний контроль — контроль, що проводиться спеціально уповноваженими особами з метою перевірки ефективності раніше виконаного контролю.

Суцільний контроль — контроль кожної одиниці продукції в партії. Застосовують у випадках:

- освоєння нового виробництва;
- якщо не забезпечується стабільність якості;
- коли брак абсолютно недопустимий;
- кількість об'єктів недостатня для здобуття вибірок.

Вибірковий контроль — контроль, за якого якість партії виробів оцінюють за результатами перевірки однієї або декількох вибірок. Застосовують в масовому і великосерійному виробництві за великої трудомісткості контролю і у випадках, коли контрольовані вироби руйнуються. Заснований на статистичних методах контролю.

Леткий контроль — контроль, що проводиться у випадковий час. Застосовують для перевірки технологічної дисципліни, а також правильності проведеного контролю.

Безперервний контроль — контроль, за якого інформація про контрольовані параметри надходить безперервно. Здійснюється автоматичними засобами.

Періодичний контроль — контроль, за якого інформація про контрольовані параметри надходить через встановлені інтервали часу. Застосовують під час контролю продукції і технологічних процесів за сталого виробництва.

Статистичні методи контролю. Статистичний контроль, особливо вхідний статистичний контроль комплектуючих виробів, запасних частин, напівфабрикатів, матеріалів, а також приймальний контроль під час приймання готової продукції або напівфабрикатів у процесі обробки — один із способів підвищення ефективності роботи підрозділів ВТК.

Статистичний метод контролю — контроль якості продукції, що проводиться на підставі теорії вірогідності і математичної статистики.

Суть статистичних методів контролю полягає в тому, що з підконтрольної партії N об'єктів безпосередньо перевіряють лише деяку її частину n , що називається вибіркою.

Залежно від кількості або частки придатних в цій вибірці деталей всю партію приймають (вважають придатними) або не приймають (бракують).

Застосовують статистичний приймальний контроль за кількісною ознакою і статистичний приймальний контроль за альтернативною ознакою.

Контроль за кількісною ознакою. В одиниці продукції вимірюють контрольований параметр, обчислюють середнє арифметичне значення і оцінюють його відхилення від однієї (верхньої або нижньої) або двох заданих границь. Відхилення порівнюють із заздалегідь установленими контрольними нормативами і за результатами приймають рішення про відповідність або невідповідність продукції встановленим вимогам.

Контроль за альтернативною ознакою. Всі вироби у вибірці розбивають на дві групи: придатні і дефектні. Придатність партії оцінюють за часткою дефектних виробів у спільній кількості перевірених (вибірки).

Приймальний рівень якості залежить від значущості дефектів. Можливі дефекти деталей класифікують за трьома категоріями: критичні, значні і малозначні. Під *критичними* розуміють дефекти, за наявності яких використання продукції за призначенням неможливий. *Значними* називають дефекти, які істотно впливають на довговічність продукції. *Малозначними* вважають дефекти, які істотно не впливають на використання продукції і її довговічність.

План контролю деталей і складаних одиниць встановлюють з огляду на: параметри виробів, недотримання яких призводить до критичного дефекту, треба застосовувати суцільний контроль; за

всіма іншими параметрами використовують статистичний контроль з приймальним рівнем якості (дефектності), рівним 1,4 або 10% залежно від значущості дефекту.

Існує два типи планів контролю: одноступінчастий — вирішення про прийняття партії на підставі перевірки однієї вибірки; багатоступінчастий — за результатами контролю $K_1 \geq 2$ вибірок, причому кількість останніх встановлюють заздалегідь.

За одноступінчастого приймального контролю партії деталей N , що містить m дефектних деталей, роблять випадкову вибірку об'ємом n деталей. Партію приймають, якщо у вибірці опиняється не більше C дефектних деталей. Інакше її бракують.

Багатоступінчастий приймальний контроль виконують таким чином. З партії деталей TU випадково відбирають вибірку обсягом n_1 :

- якщо у вибірці кількість дефектних деталей m_1 не перевищує приймального числа C_1 , тоді партію приймають;
- якщо m_1 виявляється не менше рівня бракування d_1 ($d_1 > C_1$) то партію бракують;
- якщо m_1 потрапляє в інтервал $C_1 < m_1 < d_1$, то приймають рішення про використання другої вибірки обсягом n_2 .

Для другої вибірки встановлюють нормативи C_2 і d_2 , з якими порівнюють результати контролю:

- якщо $m_1 + m_2 \leq C_2$, то партію приймають;
- якщо $m_1 + m_2 \geq d_2$, то партію бракують;
- якщо $m_1 + m_2 < d_2$ й $m_1 + m_2 > C_2$, то призначають третю вибірку і так далі.

Під час практичного використання статистичного контролю за альтернативною ознакою для визначення кількості чисел бракованих і прийнятих деталей та інших показників розроблені спеціальні таблиці. Вживання методу розглянемо на входному контролі якості запасних частин.

Вхідний контроль якості запасних частин. Досвід контролю запасних частин показує, що значна їх частина має відхилення від креслень і стандартів. Це є однією з причин зниження ресурсу відремонтованих машин і змушує споживача вводити вхідний контроль.

Вхідний контроль відповідності запасних частин кресленикам і технічним вимогам — вимушена міра із забезпечення високої якості ремонту.

Якщо кількість запасних частин в партії, що надійшла на підприємство, менше 100, то їх піддають суцільному контролю. У разі надходження на підприємство понад 100 виробів за одним супровідним документом вхідний контроль виконують статистичним методом за альтернативною ознакою.

План контролю за кожною деталлю визначають: за обсягом контрольованої партії N, за приймальним рівнем дефектності q₁, за обсягом першої вибірки n₁, за обсягом другої вибірки n₂, за приймальним числом першої вибірки C₁, приймальним числом першої і другої вибірок C₂. Встановлено такі приймальні рівні дефектності за окремими параметрами якості деталей:

- точністю обробки – 1 і 4% (табл. 12.1);
- параметрами шорсткості – 1 і 4%;
- фізико-механічними параметрами продукції (твердості, пружності, глибині загартованого шару і т. д.) – 4%;
- хімічним складом – 4%;
- герметичністю – 1%;
- відхиленням від заданої форми і розташуванням поверхонь – 4%;
- іншими властивостями – 4%.

Таблиця 12.1

**Параметри продукції,
виражені лінійними розмірами і допусками**

Креслярський розмір, мм	Допуск, мм, залежно від рівня дефектності %	
	1,0	4,0
6...10	до 0,022	понад 0,022
10...18	» 0,027	» 0,027
18...30	» 0,033	» 0,033
30...50	» 0,039	» 0,039
50...80	» 0,046	» 0,046
80...120	» 0,054	» 0,054
120...180	» 0,063	» 0,063
180...250	» 0,072	» 0,072
250...315	» 0,081	» 0,081
315...400	» 0,089	» 0,089
400...500	» 0,097	» 0,097
500...630	» 0,110	» 0,110

Залежно від обсягу партії і приймального рівня дефектності визначають план контролю, установлюють обсяг першої і другої вибірок і приймальне число першої і другої вибірок (таблиця. 12.2).

Порядок проведення вхідного контролю якості запасних частин такий:

- знаходять за супровідним документом виробника продукції обсяг партії деталей, що надійшла;
- визначають 1–5 ознак продукції, за якими проводитимуть

вхідний контроль. Допускається контроль за будь-якою ознакою продукції.

Приклад статистичного приймального контролю. Потрібно перевірити якість партії, що складається з 300 гільз циліндрів двигуна.

Якість гільз перевіряють: за діаметром посадочного поясочка, внутрішнім діаметром гільзи, шорсткістю внутрішньої робочої поверхні.

Контролюють якість гільз за діаметром посадочного поясочка. Він має дорівнювати $135^{+0,05}_{-0,09}$ мм. Приймальний рівень дефектності визначають за табл. 12.1. Для діаметра 135 мм і допуску 0,04 мм $q_1 = 1\%$.

Таблиця 12.2

Показники плану контролю залежно від обсягу вибірок і приймального рівня дефектності

Приймальний рівень дефектності %	Показник плану контролю	Кількість виробів у партії					
		100...199	200...299	300...499	500...799	1200...1299	1300...1399
1,0	Обсяг вибірки:						
	n_1	20	25	35	50	75	100
	n_2	40	50	70	100	175	200
	Приймальне число:						
	C_1	0	0	1	1	2	2
	C_2	1	2	2	3	5	5
4,0	Обсяг вибірки:						
	n_1	10	13	20	25	35	50
	n_2	20	26	40	50	70	100
	Приймальне число:						
	C_1	0	0	1	1	2	3
	C_2	2	4	4	5	6	9

Відповідно до встановленого рівня дефектності за табл. 12.2 визначають показники плану контролю: обсяг вибірки і приймальні числа.

За $q_1 = 1\%$ і обсягу партії $N = 300$ обсягу вибірки $n_1 = 35$, $n_2 = 70$ і приймальні числа $C_1 = 1$, $C_2 = 2$.

Видбирають з партії випадкову вибірку з 35 гільз. Призначають засоби виміру — граничну контрольну скобу.

Визначають якість кожній з 35 гілз за діаметром посадочного поясочка. Хай за діаметром посадочного поясочка дві гілзи виявилися дефектними, тобто $d_1 = 2$. Контроль за цією ознакою можна було б закінчити, якби $d_1 = C_1$ тобто дефектною виявилася б одна гілза. Оскільки в цьому прикладі $d_1 = 2 > C_1$ але не більше C_2 якість партії гілз за посадочним поясочком вважають не виявленою.

Далі беруть випадкову вибірку $n_2 = 70$, тобто додатково відбирають 35 гілз. Визначають якість гілз за посадочним поясочком другої вибірки з 35 гілз. Передбачимо, що в другій вибірці жодна гілза не виявилася забракованою, тобто $d_2 = 0$.

Оскільки спільна кількість дефектних гілз $d_1 + d_2 = C_2 = 2$, приймають рішення: партію гілз за діаметром посадочного поясочка визнають придатною і подальший контроль за цією ознакою припиняють. За останніми ознаками контроль проводять за тією самою схемою.

Оцінювання рівня якості. Найпрогресивнішим є статистичний метод керування якістю продукції, який передбачає:

- статистичний аналіз точності технологічних процесів шляхом вивчення якісних характеристик більшої кількості відремонтованих виробів;

- статистичне регулювання технологічного процесу шляхом коригування його параметрів за результатами вибіркового контролю: параметрів відремонтованих виробів з метою забезпечення потрібного рівня якості;

- статистичний приймальний контроль, який використовують як вибіркового метод, коли за якістю вибірки визначають достовірність якості всієї партії відремонтованих виробів (застосування ефективне за стійкості технологічного процесу ремонту).

Під впливом різних факторів значення будь-якої якості ознаки (розміру, потужності, твердості тощо) варіює за певним законом розподілу. Далі розглянемо статистичний метод контролю при нормальному законі розподілу якісних значень параметра. Можливі й інші закони розподілу наприклад, Максвела, рівномірного розподілу, Вейбула (особливо для вузлів і агрегатів, які були в експлуатації).

Статистичний аналіз точності технологічних процесів виконується: порівнянням середніх значень параметра із середнім за розміром за робочим креслеником; порівнянням дисперсій; оцінюванням коефіцієнта кореляції; регресійним аналізом тощо.

Розподіл якісного параметра можна уявити у вигляді графіка розподілу (полігона або гістограми), рис. 12.2. Ступінь відповідності гістограми теоретичній кривій нормального розподілу (рис. 12.3) може бути оцінена за критерієм Стюдента.

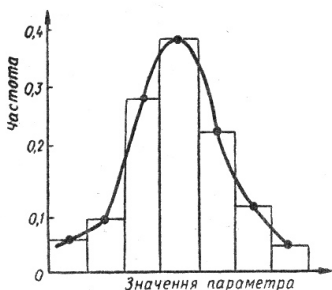


Рис. 12.2. Розподіл значень параметрів якості

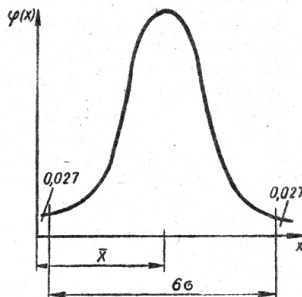


Рис. 12.3. Крива нормального розподілу

Середнє арифметичне значення якісного параметра:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (12.3)$$

де N – кількість проконтрольованих виробів;

i – номер контрольованого виробу;

X_i – значення i -го контрольованого параметра.

У випадку нормального розподілу середнє арифметичне значення контрольованого параметра має дорівнювати середньому за робочими креслениками або ТУ. Якщо ж ці величини не збігаються, тобто має місце зміщення розподілу, то визначають показник рівня настроювання (точності) процесу:

$$K_H = (X_o - \bar{X}) / \delta, \quad (12.4)$$

де X_o – заданий центр настроювання процесу (номінал);

δ – поле допуску параметра.

Якщо коефіцієнт точності $K_H > 0,05$, то поява браку дуже ймовірна (рис. 12.4).

Гранично допустимі значення коефіцієнтів точності встановлюють залежно від умов виробництва і вимог до якості продукції.

Середнє квадратичне відхилення (σ), рис. 12.5, характеризує величину поля фактичного розсіювання значень параметра. Його розраховують за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}. \quad (12.5)$$

За величиною σ оцінюють густину групування розмірів навколо середнього значення, тобто що більше σ , то більше поле розсіювання і нижча точність процесу, і навпаки.

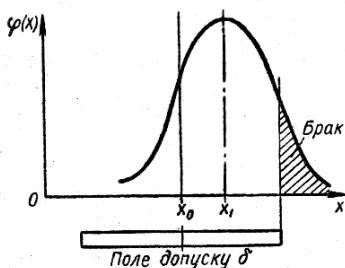


Рис. 12.4. Характеристика розподілу за недостатнього налагодження процесу

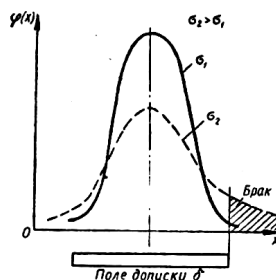


Рис. 12.5. Зміна поля розсіювання зі зміною σ

У випадку розподілу значень параметра за нормальним законом за межами 6σ ймовірність з'явлення показників дуже незначна (0,27 %). Тобто, якщо $6\sigma < \delta$, точність процесу задовільна.

Статистичне регулювання технологічного процесу передбачає систематичне спостереження за зміною статистичних характеристик якості з метою забезпечення стійкості процесу і своєчасного виявлення відхилень.

Для поточного статистичного регулювання процесу використовують контрольні карти. На них наносять лінії, які відповідають верхньому і нижньому технічним межах (межі поля допуска) і дві межі регулювання – нижню і верхню. Вихід значень контролюваного параметра за межі регулювання свідчить про відхилення в технологічному процесі ремонту. Якщо спостерігається стабільне зміщення значень в одному напрямку, то необхідне коригування процесу (налагодження верстата, регулювання режимів зварювання і гальванічного покриття), поліпшення обкатування тощо.

Класифікація, облік і аналіз браку і рекламаций. Виробничим браком називають продукцію, не відповідну стандартам, технічним умовам й іншій нормативно-технічній документації. Для одноманітного і чіткого визначення ознак допущеного браку використовують класифікатори браку, що встановлюють єдину його класифікацію за видами, винуватцями і причинами.

Шифри, що містяться в класифікаторі, дозволяють спростити всі записи, пов'язані з оформленням браку, і механізувати його облік.

Під виглядом браку мають на увазі конкретні дефекти і відступи від встановлених вимог до якості матеріалу, форми, розмірам виробу, які є підставою для його забракування і відділень від придатної продукції.

За *видами* у виробництві розрізняють поправний і непоправний брак. Крім того, розрізняють брак *внутрішній*, виявлений в ході виробничого процесу, і *зовнішній*, виявлений за межами підприємства, такий, що виявився у сфері реалізації або в процесі використання продукції.

За *причинами* розрізняють брак, спричинений порушенням технологічної дисципліни (недбале ставлення робітника до своєї роботи), помилок в технічній документації, роботи на несправному або неправильно налагодженому устаткуванні, використання неякісного інструменту, дефектів у вихідному матеріалі, пропуску дефектів ВТК на подальших операціях і ін.

За *винуватцями* розрізняють брак, допущений з вини робітника-оператора, робітника-налагоджувальника устаткування; відділів головного технолога, головного механіка; інструментального цеху; відділу технічного контролю якості (табл. 12.3).

Таблиця 12.3

Класифікатор браку за винуватцями і причинами

Винуватець браку	Шифр	Причина браку
Робітник-виконавець	01	Недбале ставлення до роботи, порушення технологічної дисципліни
Робітник-налагоджувальник	02	Неправильне налагоджування устаткування
Адміністрація цеху	03	Неправильне зберігання і транспортування матеріалів, комплектуючих виробів, готової продукції, невідповідні марки матеріалів, недоброякісний інструмент
Відділ технічного контролю	04	Пропуск браку. Невчасний контроль засобів вимірів і інструменту
Відділ головного технолога	05	Помилка в технологічній документації
Відділ головного механіка	06	Несправне устаткування
Зовнішні постачальники	07	Приховані дефекти деталей і комплектуючих виробів

Облік і аналіз браку дозволяє виявити його причини і конкретних винуватців, що є невід'ємною частиною раціональної організації виробництва. Цілі їх — розробка організаційно-технічних заходів, яка забезпечує ліквідацію і запобігання браку, облік втрат від

браку і віднесення їх за рахунок конкретних винуватців; організація робіт з виготовлення продукції замість забракованої. Нарешті, дані обліку і аналізу браку і рекламаций використовують для підготовки статистичних матеріалів, які використані для вивчення динаміки браку за окремими календарними періодами і місцями освіти.

Повернення дефектної або бракованої продукції за кожною виробничою ланкою враховують під час оцінювання ефективності його роботи, підбиття підсумків діяльності всього підприємства.

Аналіз браку і рекламаций проводять за окремими причинами, винуватцями і видами.

12.4. Забезпечення стабільності якості продукції

Стабільність — властивість технологічного процесу зберігати показники якості продукції, що виготовляється, у заданих межах протягом деякого часу.

Стабільності якості продукції досягають:

- періодичною перевіркою устаткування і оснащення на технологічну точність і своєчасним проведенням планово-запобіжного ремонту цього устаткування;
- забезпеченням і підтримкою технологічної дисципліни;
- періодичним оцінюванням якості відремонтованих виробів.

Перевірка устаткування і оснащення на технологічну точність. Технологічна точність устаткування — здатність в оснащену становити забезпечувати протягом установленого періоду часу відповідність поля розсіювання значень показника якості заданому полю допуску і його розташуванню.

Стабільність якості може бути досягнута за рахунок систематичної перевірки устаткування.

На технологічну точність перевіряють все устаткування, зайняте на виконанні базових, точних, обробних і фінішних операцій. Устаткування зі встановленими на ньому пристосуваннями перевіряють обов'язково в комплексі за тими параметрами, які безпосередньо визначають точність виконання операцій.

Технологічну точність оцінює за коефіцієнтом точність:

$$K_T = \omega / \delta, \quad (12.6)$$

де ω — фактичне поле розсіювання, або різниця максимального і мінімального контрольованого параметра за встановлене напращування, мм;

δ — допуск на контрольований параметр за технічною доку-

ментацією (конструкторський допуск), мм.

За нормального закону розподілу контрольований параметр, мм:

$$\omega = 6\sigma \quad (12.7)$$

де σ — середнє квадратичне відхилення контрольованого параметра оброблюваної деталі, мм.

Технологічне устаткування вважають точним, якщо $K_t < 1$. У сучасній практиці прийнято, щоб технологічні процеси забезпечували коефіцієнт розсіяння не більше 0,75, передбачаючи 25%-й запас поля допуску на неминучі неточності в налаштуванні устаткування.

Технологічне устаткування на етапі технологічної підготовки виробництва, у разі заміни, модернізації і його ремонту вибирають за коефіцієнтом запасу точності:

$$\Psi = (1 - K_m) 100. \quad (12.8)$$

Для стабільної якості обробки відновлюваних деталей коефіцієнт запасу точності токарних, фрезерних, розточувальних, свердлувальних і інших верстатів, що виконують точні і фінішні операції, має бути $\Psi > 25\%$. Параметр ω знаходять проведенням мікрометражу деталей, що регламентують ресурс відремонтованих машин (агрегатів).

Номенклатуру деталей двигуна для визначення точності металорізального устаткування наведено в табл. 12.4.

Таблиця 12.4

**Зразкова номенклатура деталей двигуна
для визначення точності металорізального устаткування**

Деталь	Вигляд обробки	Можливий тип верстата	Параметр, що перевіряється
1	2	3	4
Блок циліндрів	Розточування посадочних місць під бурт гільзи	—	Відхилення глибини виточок
	Розточування ліжок корінних вальниць	РД-50, РД-14	Співвісна корінних опор, відхилень діаметра
Головка блоку	Обробка робочої поверхні	ЗБ722	Площинна обробленої поверхні
	Розточування клапанних гнізд	6М12П	Відхилення діаметра, співвісна з напрямляючою втулкою

Закінчення табл. 12.4

1	2	3	4
	Зенкування фасок си- вів клапанів	2А-135	Співвісна сідла кла- пана з напрямною втулкою
Колінчастий вал	Шліфування корінних і шатунових шийок	3А423 3М233	Відхилення діаметра, відхилення радіуса кривошипа
Розподільний вал	Шліфування опорних шийок	3Б161	Відхилення діаметра
	Шліфування кулачків	3А433	Биття циліндрової частини
Гільза циліндрів	Розточування	278Н	Відхилення внутріш- нього діаметра
	Хонінгування	3А833	Чистота обробки, ві- дхилення внутріш- нього діаметра
Поршневий палець	Шліфування	3Б61	Відхилення діаметра
Шатун	Розточування ниж- ньої головки	278Н, УРБ-ВП-М	Відхилення внутріш- нього діаметра
Клапан	Шліфування	3Б-12	Співвісність робочої поверхні клапана з його стрижнем

Контроль стабільності якості відремонтованих виробів.

Для контролю стабільності якості виробів та їх відповідності технічним вимогам періодично (не рідше за один раз на півріччя) оцінюють їх якість. При цьому передбачають:

контроль відповідності технічної і конструкторської документації на ремонт вимогам нормативно-технічної документації; аналіз і технічну експертизу партії відремонтованих виробів з метою перевірки їх відповідності технічним вимогам на ремонт; аналіз достатку робіт із забезпечення якості продукції; короточасні випробування відремонтованих виробів.

Підтримка технологічної дисципліни. Затверджений технологічний процес обов'язковий для виконання працівниками підприємства. За нього несуть відповідальність керівництво цехів, ділянок, служби технічного контролю і безпосередні виконавці. Дотримання технологічної дисципліни контролюють з метою перевірки виконання вимог конструкторської і технологічної документації. При цьому перевіряють: наявність і стан цієї документації в цеху, на дільницях і робочих місцях; відповідність технологічних процесів вимогам нормативно-технічній документації; точність устаткування, оснащення, контрольно-вимірювальних приладів; знання майстрами, робочими і

контрольними виконавцями вимог нормативно-технічній документації; чистоту і порядок на робочих місцях.

Оцінювання якості праці. Для підвищення відповідальності і зацікавленості працівників у випуску продукції високої якості необхідно оцінювати їх діяльність, що служить основою за морального і матеріального стимулювання.

Якість праці оцінюють: вибірковою перевіркою дотримання технологічної дисципліни за операціями; аналізом даних про внутрішньозаводський брак і рекламації; виміром параметрів деталей, складаних одиниць і машин загалом після їх ремонту; аналізом виконання планів підвищення якості ремонту і заходів щодо морального і матеріального стимулювання за підвищення якості.

Для оцінювання якості праці виконавців (робітників, інженерно-технічних працівників і службовців) вводять показник — коефіцієнт якості праці:

$$K_{np} = 1 + \sum_{i=1}^n K_{ni} - \sum_{j=1}^m K_{ji} \quad (12.9)$$

де n і m — кількість проявів ініціативи і упущень у роботі; K_{ni} — показник, що підвищує коефіцієнт якості праці; K_{ji} — показник, що знижує коефіцієнт якості праці.

Якість праці робітників вважають незадовільною за $K_{np} < 0,75$, а ІТР і службовців — за наявності серйозних упущень у роботі і частковому невиконанні трьох і більш показників, установлених класифікатором.

Для гласності і наочності під час оцінювання якості праці виконавців рекомендується оформляти екрани якості, які вивішують на видному місці.

Щоб підсилити зацікавленість працівників ремонтних підприємств у поліпшенні якості ремонту, слід застосовувати різні форми матеріального і морального стимулювання, наприклад виплати премії або інші заохочення.

12.5. Технічний контроль на ремонтному підприємстві

Технічний контроль — це перевірка відповідності продукції або процесу, від якого залежить якість продукції встановленим технічним вимогам.

Метою технічного контролю на ремонтному підприємстві є своєчасне отримання повної і достовірної інформації про якість ремонту виробів і стан технологічного процесу.

Для кожного об'єкта ремонту (деталь, вузол, агрегат, комплектуючий виріб) вибирають найбільш відповідний виробничими умовами вид технічного контролю.

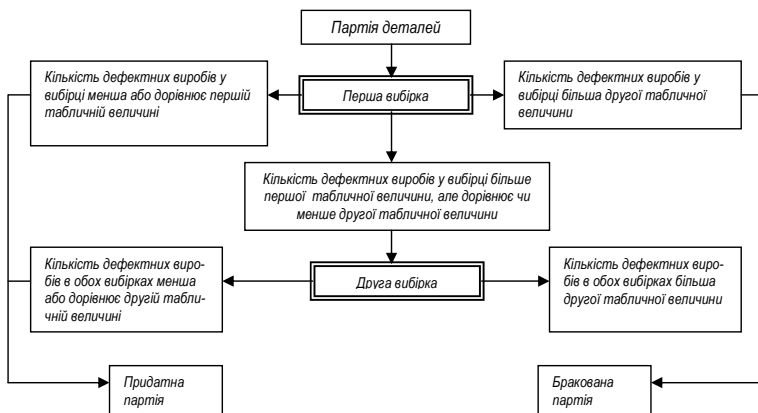


Рис. 12.6. Схема проведення вхідного контролю якості запасних частин

За етапами виробничого процесу розрізняють такі **види контролю**:

- вхідний – перевірка запасних частин, напівфабрикатів, комплектуючих виробів і матеріалів, які надходять на підприємство;
- операційний – виконується після закінчення певних технологічних операцій. Під час цього контролю перевіряють якість продукції або технологічний процес на відповідність його встановленим вимогам. Наприклад, перевірка якості миття, контроль діаметрів отворів головок шатуна після обробки, прогину вала після правлення тощо;
- приймальний – є найвідповідальнішим етапом всього технологічного процесу відновлення або виготовлення деталі, складання вузла, агрегату або ремонту машини загалом. При цьому перевіряють всі основні показники, передбачені технічними вимогами, стандартами, креслениками і приймають рішення про придатність відремонтованого виробу до використання. Різновидністю приймального контролю є випробування вузла, агрегату і машини на спеціальному обладнанні;
- експлуатаційний – призначений для перевірки правильності проведення замовником періоду обкатування відремонтованих агрегатів або машин, контроль за дотриманням правил експлуатації і технічного обслуговування, збирання і аналізу інформації про надійність продукції.

Залежно від ступеня охоплення продукції контроль межі може бути суцільним або вибіркоким.

Методи контролю відносно об'єкта, який перевіряють, поділяють на візуальні, геометричні, фізичні, хімічні, металографічні, механічні.

Засоби контролю. Перед вибором засобів контролю встановлюють параметри, які підлягають обов'язковій перевірці на певних етапах технологічного процесу. Значна різниця умов машинобудівного і ремонтного підприємства вимагає різноманітності контрольно-вимірювальних засобів. Досить складним є контроль базисних і цілої низки основних деталей за геометричними параметрами, оскільки у процесі експлуатації машини вони змінюються (співвідношення постелей блока циліндрів, взаємне розміщення осей отворів тощо). У випадку відновлення деталей гарячими способами (наплавлення, зварювання) деталі змінюють свої механічні властивості, тому необхідно враховувати це, вибираючи методи і засоби контролю. Складання спряжень із різних за станом деталей (нових, відновлених тощо), система ремонтних розмірів додаткових деталей вимагає особливого підходу у виборі вимірювальних засобів для забезпечення належних посадок спряжених деталей.

Вхідний контроль. Однією з основних причин низької якості ремонту є якість запасних частин і матеріалів, тому значну увагу приділяють вхідному контролю.

Запасні частини, матеріали, відремонтовані за кооперацією вузлів і агрегатів, вибірково контролюють. Але іноді через низьку якість продукції ремонтні підприємства примушені вводити суцільний вхідний контроль. Наприклад, мотороремонтні підприємства – гільз циліндрів.

Придатність запасних частин, комплектуючих виробів, матеріалів і напівфабрикатів починають контролювати з вивантаження, коли перевіряють правильність їх тарування і транспортування. Перевіряють супровідну документацію і відбирають певну кількість продукції для контролю.

Під час визначення контрольованої кількості виробів виходять з ризику споживача. Як правило передбачають значення ризику споживача 0,1% і бракувального рівня ризику виробничника 1%.

Для ремонтних підприємств рекомендується застосовувати двоступінчастий план вибіркового контролю за альтернативними ознаками.

Якщо партія виробів становить менше 50 шт., проводять суцільний контроль, якщо понад 50 шт. – вхідний за схемою, зображеною на рис. 12.6.

За результатами вхідного контролю вироби приймаються або пред'являють рекламации постачальникам.

12.6. Сертифікація продукції і послуг підприємств технічного сервісу

Слово «сертифікація» в перекладі з латинської означає «зроблено правильно» (*certum* — правильно, *fasere* — робити). Щоб засвідчити, що продукт «зроблений правильно», якісно, необхідно показати, що він відповідає певним вимогам, і отримати достовірні докази цієї відповідності.

Для встановлення відповідності показників якості продукції або послуг заданим вимогам необхідні випробування продукції. Найбільш достовірними є результати випробувань «третьою стороною» — особою або органом, незалежним ні від постачальника (виробника), ні від покупця (споживача).

Під сертифікацією розуміють діяльність щодо підтвердження відповідності продукції встановленим вимогам. Вона може бути обов'язковою і добровільною.

Обов'язкова сертифікація — підтвердження уповноваженим на те органом відповідності товару (роботи, послуги) обов'язковим вимогам стандарту.

Добровільна сертифікація — сертифікація, що проводиться на добровільній основі за ініціативою виробника (виконавця), продавця (постачальника) або споживача продукції.

Закон України «Про сертифікацію продукції і послуг» встановлює правові основи обов'язкової і добровільної сертифікації продукції і послуг, а також права, обов'язки і відповідальність учасників сертифікації.

Організацію і проведення робіт із сертифікації покладають на Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості й інші державні органи управління. Випробовують продукцію і видають протоколи випробувань для сертифікації випробувальні лабораторії (центри), акредитовані в установленому порядку. За результатами випробувань для підтвердження відповідності сертифікованої продукції встановленим вимогам видають сертифікат відповідності і знак відповідності.

Принципи функціонування, організаційна структура і порядок сертифікації послуг з технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки визначає Система добровільної сертифікації послуг з технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки.

Під час проведення сертифікації послуг в Системі застосовують три схеми сертифікації.

Схема 1 передбачає оцінювання майстерності виконавця послуг, що включає перевірку його кваліфікації, знань технологічної і

нормативної документації, наявність і стан контрольно-вимірювальних приладів і вибірккову перевірку результатів послуг, а також подальший інспекційний контроль за стабільністю характеристик сертифікаційних послуг. За цією схемою рекомендують сертифікувати послуги невеликих підприємств технічного сервісу і громадян (підприємців), що надають послуги.

Схема 2 має на увазі оцінювання процесу виконання послуг, що включає перевірку технологічного процесу виконання послуг, стан технологічного устаткування і контрольно-вимірювальних приладів, майстерність виконавців послуг, вибірккову перевірку результатів послуг і інспекційний контроль за стабільністю характеристик сертифікаційних послуг. За цією схемою сертифікують підприємства технічного сервісу: станції технічного обслуговування, майстерні машинно-технологічних станцій, районні технічні центри, ремонтно-технічні підприємства тощо.

Схема 3 передбачає сертифікацію системи якості і подальший інспекційний контроль за стабільністю її функціонування. Таку схему застосовують для сертифікації підприємств технічного сервісу із складними технологічними процесами (спеціалізовані підприємства із капітального ремонту тракторів і складних сільськогосподарських машин, їх складаних одиниць, ремонтні заводи).

Під час проведення сертифікації послуг в системі перевіряють характеристики (показники) послуг різними методами. Вони служать для повного і достовірного підтвердження показників послуг вимогам, направленим на забезпечення безпеки життя, здоров'я споживача послуг, охорони довкілля, вказаних у відповідних документах.

У системі сертифікації передбачено перевірку на відповідність нормативним документам показників, що характеризують виробництво: наявність устаткування і оснащення для якісного виконання відповідних послуг; наявність та існуючий порядок удосконалення технологічної документації; кваліфікація виконавчих керівників і фахівців; дотримання умов договору і забезпечення гарантійних зобов'язань; забезпечення прав споживачів послуг при виявленні недоліків у виконанні замовлення.

У разі позитивних результатів сертифікації виконавці послуг отримують сертифікат відповідності і ліцензію на право користування знаком відповідності в системі сертифікації послуг з технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки.

Основні завдання оцінювання стану підприємства:

- визначення комплексного показника ремонтного підприємства для подальшого ухвалення рішення із атестації (сертифікації) виробництва;

- визначення напрямів роботи щодо усунення недоліків у ремонтному виробництві;
 - підвищення якості ремонту техніки і відновлення деталей.
- Комплексний показник ремонтного підприємства

$$Y_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^m X_i A_i, \quad (12.10)$$

де m — кількість підрозділів; X_i — комплексний показник, що характеризує i -й підрозділ ремонтного виробництва; A_i — коефіцієнт ваговитості i -го підрозділу ремонтного виробництва.

Комплексний показник i -го підрозділу

$$X_i = \sum_{j=1}^m K_{i-j} B_{i-j}, \quad (12.11)$$

де K_{i-j} — одиничний показник i -го підрозділу, що характеризує стан j -го чинника, що впливає на комплексний показник цього підрозділу; B_{i-j} — коефіцієнт ваговитості j -го чинника в заданій номенклатурі одиничних показників.

Зразкові значення одиничних показників відділення фарбування ремонтного підприємства, що характеризують його достаток, наведено в табл. 12.5.

Аналогічно оцінюють кожну ділянку, відділення, цех.

Значення коефіцієнтів A_i і B_{i-j} — встановлюють експериментально. Визначивши K_{i-j} по кожному підрозділу, обчислюють X_i . Використовуючи коефіцієнти ваговитості підрозділів (служб) A_i обчислюють комплексний показник ремонтного підприємства $Y_{\text{заг}}$.

Якщо $Y_{\text{заг}} = 80 \dots 100$ балів виробництво підлягає атестації (сертифікації); якщо $Y_{\text{заг}} = 60 \dots 79,9$ балів недоліки усувають і повторно оцінюють комплексний показник через три місяці; якщо $Y_{\text{заг}} = 0 \dots 59,9$ бала — через один рік.

Приклад розрахунку комплексного показника. Експертна комісія перевірила фактичний стан ділянки фарбування підприємства і визначила значення одиничних показників чинників $K_{10-1} \dots K_{10-6}$ в інтервалі $0 \dots 1$. Допустимо, що $K_{10-1} = 0,98$; $K_{10-2} = 0,3$; $K_{10-3} = 0,6$; $K_{10-4} = 0,4$; $K_{10-5} = 0,2$; $K_{10-6} = 0,7$.

Тоді з урахуванням коефіцієнта ваговитості $B_{10-1} \dots B_{10-6}$ комплексний показник можна розрахувати за формулою (12.11):

$$X_{10} = 0,98 \cdot 24 + 0,3 \cdot 14 + 0,6 \cdot 15 + 0,4 \cdot 20 + 0,2 \cdot 20 + 0,7 \cdot 7 = 49,6.$$

Аналогічно визначимо $Y_{\text{заг}}$ для підприємства.

Таблиця 12.5

Зразкова номенклатура комплексних і одиничних показників фарбувального відділення ремонтного підприємства

Підрозділ (служба) ремонтного виробництва	Позначення комплексного показника	A_i	Одиничний показник	K_{i-j}	Інтервал зміни K_{i-j}	B_{i-j}
Дільниця фарбування	X_{10}	0,06	Наявність окремого обладнаного приміщення для фарбування і сушки	K_{10-1}	0...1	24
			Наявність устаткування для підготовки поверхні під фарбування (знежирення)	K_{10-2}	0...1	14
			Наявність камер фарбування і сушильних камер	K_{10-3}	0...1	15
			Наявність і вживання лакофарбових матеріалів відповідних вимогам державних стандартів	K_{10-4}	0...1	20
			Забезпечення активної сушки	K_{10-5}	0...1	20
			Наявність спеціального оснащення, що забезпечує доступ до всіх поверхонь агрегату, що фарбують	K_{10-6}	0...1	7

Припустимо, що значення комплексних показників для різних підрозділів підприємства і їх коефіцієнти ваговитості, встановлені експертними комісіями, такі.

1. Служба стандартизації і метрології підприємства: $X_1 = 54$; $A_1 = 0,1$.

2. Служба технічного контролю: $X_2 = 64$; $A_2 = 0,06$.
 3. Розбірно-мийне відділення: $X_3 = 89$; $A_3 = 0,08$.
 4. Дільниця дефектації і вхідного контролю комплектуючих виробів: $X_4 = 48$; $A_4 = 0,07$.
 5. Дільниця комплектації: $X_5 = 34$; $A_5 = 0,04$.
 6. Ділянки ремонту і збірки складаних одиниць: $X_6 = 69$; $A_6 = 0,2$.
 7. Цех відновлення зношених деталей: $X_7 = 84$; $A_7 = 0,07$.
 8. Показники, що характеризують достаток й використання металообробного устаткування, метрологічне забезпечення: $X_8 = 59$; $A_8 = 0,07$.
 9. Дільниця обкатування і випробування: $X_9 = 56$; $A_9 = 0,1$.
 10. Дільниця фарбування: $X_{10} = 49,6$; $A_{10} = 0,06$.
 11. Дільниця ремонтного фонду і готової продукції: $X_{11} = 79$; $A_{11} = 0,05$.
 12. Показники, що характеризують рівень організації робіт з техніки безпеки: $X_{12} = 84,5$; $A_{12} = 0,1$.
- Підставляючи значення X та A у формулу (12.10), визначимо
- $$U_{\text{заг}} = 54 \cdot 0,1 + 64 \cdot 0,06 + 89 \cdot 0,08 + 48 \cdot 0,07 + 34 \cdot 0,04 + 69 \cdot 0,2 + 84 \cdot 0,07 + 59 \cdot 0,07 + 56 \cdot 0,1 + 49,6 \cdot 0,06 + 79 \cdot 0,05 + 84,5 \cdot 0,1 = 65,84.$$
- У такому випадку підприємству треба усунути деякі недоліки і повторно перевірити стан через три місяці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ремонт машин : підручник / [Сідашенко О.І. та ін.] ; за ред. О.І. Сідашенка, А.Л. Полянського. – К. : Урожай, 1994. – 400 с.
2. Теоретические основы технологии ремонта : учебник : в 3-х т. / [Сідашенко А.И. и др.] ; под ред. А.И. Сідашенка, А.А. Науменко. – Х. : ХНТУСХ, 2005. – Том. 1 (Теория и технология производственных процессов ремонта машин). – 590 с.
3. Основи трібології : підручник / [Антипенко А.М. та ін.] ; за ред. Войтова В.А. – Харків : ХНТУСГ, 2008. – 342 с.
4. Тельнов Н.Ф. Ремонт машин : учебник / Тельнов Н.Ф., Очкасов А.А., Бадаров Е.И. ; под ред. Тельнова И.Ф. – М. : Агропромиздат, 1992. – 558 с.
5. Технология ремонта машин : учебник / [Пучин Е.А. и др.] ; под ред. Е.А. Пучина. – М.: Колос, 2007. – 488 с.
6. Практикум з ремонту машин / [Сідашенко О.І. та ін.] ; за ред. О.І. Сідашенка, О.В. Тіхонова. – Харків : ХНТУСГ, 2007. – 415 с.
7. Техническое обслуживание и ремонт тракторов Т-150, Т-150К различных модификаций с двигателями СМД, ЯМЗ и ДЮИТЦ / [Сідашенко А.И.ян и др.] ; под ред. А.И. Сідашенка, А.А. Науменко. – [изд. 2-е, испр. и доп.]. – Харьков: ООО «Укргрозапчасть», 2004. – 380 с.
8. Эксплуатация и ремонт трансмиссий тракторов серий Т-150К, ХТЗ-121, ХТЗ-160 / [Макаренко Н.Г. и др.] ; под ред. В.Б. Самородова, А.Т. Лебедева. – Харьков : ООО «Укргрозапчасть», 2006. – 341 с.
9. Тракторы ХТЗ-150К-03, ХТЗ-150К-09. Руководство по текущему ремонту / [Петренчук В.Я.И. и др.]. – Харьков : СДП ФЛ Стороженко И.А., 2004. – 316 с.
10. Руководство по текущему ремонту зерноуборочного комбайна «Дон- 1500» и его модификаций / [Баньковская Т.А. и др.] ; под общ. ред. В.А. Войтова. – Харьков : ХНТУСХ, 2006. – 292 с.
11. Практикум з ремонту машин / [Сідашенко О.І. та ін.] ; за ред. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К. : Урожай, 1995. – 224 с.
12. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования / [Батищев А.Н. и др.] ; под ред. Н. Батищева. – М. : Колос, 2007. – 424 с.
13. Ремонт сільськогосподарської техніки : довідник / [Аветисян В.К. та ін.] ; за ред. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К. : Урожай, 1992. – 304 с.
14. Ремонт дизельних двигунів : довідник / [Єрмолов Л.С., та ін.] ; за ред. Л.С. Єрмолова. – К. : Урожай, 1991. – 248 с.

15. Восстановление гильз цилиндров дизельных двигателей / Иващенко С.Г., Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Иващенко Г.С. – Харьков : УМЦ ХНТУСХ, 2005. – 181 с.

16. Сидашенко А.И. Ремонт машин и оборудования животноводческих ферм и комплексов / [Сидашенко А.И., Тихонов А.В., Карпусенко В.Ф.] – Харьков : ХГТУСХ, 1999. – 56 с.

17. Неразрушающий контроль и диагностика : справочник / [Клюев В.В. и др.] ; под ред. В.В. Клюева. – [3-е изд., испр. и доп.] – М. : Машиностроение, 2005. – 656 с.; ил.

18. Карагодин В.П. Ремонт автомобилей и двигателей : учебник / В.И. Карагодин, Н.Н. Митрохин. – М. : Мастерство; Высшая школа, 2001. – 496 с.

19. Канарчук В.Е. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств: учебник : в 3 кн. – К. : Вища школа, 1992. – Кн. 3. Ремонт автотранспортных средств / В.Е. Канарчук, А.Д. Чегриненц. – 495 с.; ил.

20. Брагінець М.П. Монтаж, експлуатація і ремонт машин у тваринництві / Брагінець М.П., Педченко П.В., Резчик ГГ. – К. : Вища школа, 1991. – 359 с.

21. Казаровец Н.В. Современные технологии и технический сервис в животноводстве : монография / Казаровец Н.В., Миклуш В.П., Колончук М.В.. – Минск : БГАТУ, 2008. – 788 с.; ил.

22. Бородин И.Ф. Автоматизация технологических процессов : учебник / И.Ф. Бородин, Ю.А. Судник. – М. : Колос, 2004. – 344с.; ил.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЙ РЕМОНТУ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ	8
1.1. Предмет і зміст технології ремонту машин та обладнання як наукової дисципліни	8
1.2. Зміна технічного стану машин і виникнення дефектів деталей	9
1.3. Основи науки про тертя та зношування	11
1.3.1. Структура трибології	12
1.3.2. Загальні поняття та основні терміни	15
1.3.3. Молекулярно-механічна теорія тертя	19
1.3.4. Структурно-енергетична теорія тертя	33
1.4. Класифікація видів зношування	55
1.5. Вплив макро- і мікроструктури матеріалу деталей на їхні експлуатаційні властивості	63
1.6. Загальні закономірності процесу зношування і методи визначення зносу	64
1.7. Критерії граничного стану деталей і спряжень	69
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ	72
2.1. Основні поняття та визначення	72
2.2. Структура технологічного процесу ремонту машин	75
2.3. Діагностування об'єктів ремонту. Приймання машин у ремонт	78
2.4. Розбирання машин, агрегатів і вузлів	80
2.5. Очищення об'єктів ремонту	107
2.6. Дефектація деталей	139
2.7. Загальні методи усунення дефектів зношених деталей спряжень	172
2.8. Комплектування деталей	177
2.9. Складання вузлів, агрегатів і машин	178
2.10. Обкатування і випробування вузлів, агрегатів та машин	183
2.11. Фарбування машин	185
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ СПОСОБИ РЕМОНТУ (ВІДНОВЛЕННЯ) ДЕТАЛЕЙ	206
3.1. Класифікація складових технологічного процесу ремонту (відновлення) деталей	206
3.2. Ручне зварювання і наплавлення	207
3.3. Механізоване зварювання і наплавлення	224
3.4. Способи підвищення продуктивності і якості механізованого дугового наплавлення	238
3.5. Плазмово-дугове наплавлення	242
3.6. Спеціальні види наплавлення і зварювання	244
3.7. Газотермічне напилювання	250

3.8. Електроконтактне напікання металічних порошків	255
3.9. Електроіскрове нарощування	256
3.10. Електролітичні металопокриття	258
3.11. Застосування полімерних матеріалів	269
3.12. Компенсація зношеного поверхневого шару пластичним деформуванням	280
3.13. Компенсація зношеного поверхневого шару встановленням додаткових деталей	282
3.14. Застосування паяння під час ремонту деталей	284
3.15. Зміцнення поверхонь деталей термічною і хіміко-термічною обробкою	287
3.16. Поверхнєве зміцнення деталей пластичним деформуванням	289
3.17. Термомеханічна обробка	296
3.18. Електромеханічна обробка	299
3.19. Відновлення розмірно-точнісних характеристик деталей механічною обробкою	302
3.20. Електроерозійна обробка	309
3.21. Анодно-механічна обробка	311
3.22. Використання лазерної технології для відновлення деталей	313
3.23. Слюсарні роботи	315
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ УСУНЕННЯ ДЕФЕКТІВ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ	324
4.1. Основи уніфікації технологічних процесів	324
4.2. Ремонт деталей «Стрижні круглі»	329
4.3. Ремонт деталей «Циліндри порожнисті»	335
4.4. Ремонт деталей «Диски»	339
4.5. Ремонт деталей класу «Дрібні деталі»	341
4.6. Ремонт шестерень	343
4.7. Ремонт деталей підкласу «Важелі»	345
4.8. Ремонт деталей класу «Корпусні деталі»	347
4.9. Ремонт деталей класу «Деталі просторові тонкостінні»	349
4.10. Ремонт деталей класу «Деталі площинні»	350
4.11. Ремонт деталей класу «Деталі профільні»	351
4.12. Ремонт деталей класу «Пружини, ресори»	351
РОЗДІЛ 5. ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РЕМОНТУ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН МАШИН	353
5.1. Види технологічних процесів і вихідна інформація	353
5.2. Етапи розробки технологічних процесів	355
5.3. Ремонтний кресленик і схема розбирання (складання)	357
5.4. Технологічна документація	363
5.5. Основи вибору оптимальних варіантів технологічних процесів	365
5.6. Технологічні пристрої	365

РОЗДІЛ 6. РЕМОНТ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ТРАКТОРІВ І АВТОМОБІЛІВ	391
6.1. Ремонт двигунів	391
6.2. Ремонт трансмісії і ходової частини	428
6.3. Ремонт автотракторного електрообладнання	446
6.4. Ремонт гідравлічних систем	460
6.5. Ремонт начіпного механізму	470
6.6. Ремонт кузовів і кабін	472
6.7. Ремонт пневматичних шин	474
6.8. Загальне складання, обкатування і випробування машин	478
РОЗДІЛ 7. РЕМОНТ КОМБАЙНІВ, СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН І ЗНАРЯДЬ	483
7.1. Особливості умов експлуатації комбайнів, сільськогосподарських машин і знарядь	483
7.2. Ремонт зернозбиральних комбайнів	483
7.3. Ремонт спеціальних комбайнів	490
7.4. Ремонт сільськогосподарських машин та знарядь	496
РОЗДІЛ 8. РЕМОНТ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА	507
8.1. Особливості умов експлуатації обладнання для тваринництва	507
8.2. Ремонт машин і обладнання для приготування кормів	507
8.3. Ремонт обладнання для машинного доїння, первинної обробки і переробки молока	513
8.4. Ремонт транспортерів	522
8.5. Ремонт обладнання вівцеферм	529
8.6. Ремонт обладнання птахоферм та інкубаторів	530
8.7. Ремонт водопровідного та водонапірного обладнання, водонапірних баків і башт	532
8.8. Ремонт систем каналізації, вентиляції і опалення	535
8.9. Ремонт обладнання для отримання гарячої води і пари	537
РОЗДІЛ 9. РЕМОНТ ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ	541
9.1. Особливості умов експлуатації обладнання для переробки сільськогосподарської продукції	541
9.2. Види і періодичність технічного обслуговування і ремонту	543
9.3. Очищення технологічних трубопроводів	546
9.4. Ремонт апаратів для теплової обробки харчових продуктів	551
9.5. Ремонт транспортуючого обладнання	559
9.6. Характерні дефекти і способи відновлення типових деталей	568
9.7. Ремонт типових складаних одиниць обладнання	579
9.8. Устаткування для осадження, фільтрування, перемішування і змішування матеріалів	587
9.9. Устаткування для фасування, розливання і пакування	593

РОЗДІЛ 10. РЕМОНТ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОСИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ І ПІДЙІМАЛЬНО-ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	598
10.1. Ремонт технологічного обладнання	598
10.2. Ремонт електросилового обладнання	604
10.3. Ремонт підйімально-транспортного обладнання підприємств технічного сервісу	609
РОЗДІЛ 11. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РЕМОНТУ МАШИН	614
11.1. Автоматизація технологічних операцій ремонту	615
11.2. Застосування промислових роботів у ремонтному виробництві	625
РОЗДІЛ 12. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА	632
12.1. Показники якості і методи оцінювання рівня якості відремонтованої сільськогосподарської техніки	632
12.2. Система і організаційні основи управління якістю продукції на ремонтних підприємствах	636
12.3. Види і методи контролю якості продукції	638
12.4. Забезпечення стабільності якості продукції	648
12.5. Технічний контроль на ремонтному підприємстві	651
12.6. Сертифікація продукції і послуг підприємств технічного сервісу	654
ЛІТЕРАТУРА	659

Навчальне видання

Сідашенко Олександр Іванович
Науменко Олександр Артемович
Скобло Тамара Семенівна
Тіхонов Олександр Всеволодович
Черновол Михайло Іванович
Ружило Зіновій Володимирович
Войтов Віктор Анатолійович
Аветісян Віктор Казарович
Автухов Анатолій Кузьмич
Мартиненко Олександр Дмитрович
Бантковський В'ячеслав Анатолійович
Сиром'ятніков Петро Степанович
Сайчук Олександр Васильович

РЕМОНТ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ **Підручник**

Редагування	Л.М. Талюта
Макетування	І.О. Серова

Підписано до друку 20.12.2014 Формат 60х84/16.
Папір офсет. №1. Гарнітура Palatino Linotype. Друк офс.
Наклад 700 примірників, Зам. № 85

ДУ «НМЦ «Агроосвіта»
Київ-151, вул. Смілянська, 11
тел. 249-94-04

Фірма «Інтас»