МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

**І.Б. Гевко, Р.М. Рогатинський, О.Л. Ляшук, В.З. Гудь,
М.Г. Левкович, М.Я. Сташків, М.Д. Сіправська**

Основи технології виробництва та ремонту автомобілів

Навчальний посібник

Тернопіль
2021

УДК 629.113+621.01
О-75

Укладачі:
Гевко І.Б., докт. техн. наук, професор;
Рогатинський Р.М., докт. техн. наук, професор;
Ляшук О.Л., докт. техн. наук, професор;
Гудь В.З., канд. техн. наук, доцент;
Левкович М.Г., канд. техн. наук, доцент;
Сташків М.Я., канд. техн. наук, доцент;
Сіправська М.Д., асистент.

Рецензенти:
Біліченко В.В., докт. техн. наук, професор,
ректор Вінницького національного технічного університету;
Сахно В.П., докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри «Автомобілі»
Національного транспортного університету.

Стейкхолдер:
Бодоряк Ю.Д., завідувач сектору автотехнічних досліджень відділу автотехнічних досліджень та криміналістичного дослідження транспортних засобів Тернопільського науково–дослідного експертно–криміналістичного центру МВС України.

Рекомендовано до друку вченою радою
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.
Протокол № 8 від 22 червня 2021 р.

О-75 Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М.,Ляшук О.Л.,Гудь В.З.,Левкович М.Г. , Сташків М.Я., Сіправська М.Д.- Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

ISBN 978-966-305-114-7

УДК 629.113+621.01

Навчальний посібник написано у відповідності до освітньо–професійної програми «Автомобільний транспорт». У ньому викладені основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Окремі розділи посібника присвячено виробничому та технологічному процесам в автомобілебудуванні, методам виготовлення заготовок, базуванню та закріпленню деталей у пристроях при обробці, методам досягнення точності та якості обробки, основним методам механічної обробки деталей автомобілів, технології виготовлення типових деталей автомобілів, виготовленню та відновленню автотранспорту зварюванням та наплавленням, проектуванню технологічних процесів механічної обробки деталей та складання автотранспортних засобів, основам авторемонтного виробництва, прийманням автомобілів та їх агрегатів у ремонт, способам і засобам відновлення деталей автомобілів.

Навчальний посібник призначений для студентів, які навчаються за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», галузі знань 27 «Транспорт» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, а також інших технічних спеціальностей.

ISBN 978-966-305-114-7

© Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. ……..2021
© Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя ……..2021

ЗМІСТ

ВСТУП……..……...7

РОЗДІЛ 1. *ВИРОБНИЧИЙ І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕСИ В АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ*…….....8
1.1. Коротка характеристика автомобілебудівної промисловості України.....8
1.2. Типи виробництв та їх техніко–економічна характеристика.……...10
1.3. Виробничий і технологічний процеси……13
1.4. Основні принципи і форми організації виробничого процесу……..…...17
1.5. Технологічна підготовка виробництва……19
1.6. Технологічна спадковість у машинобудуванні……...37
Контрольні запитання до розділу……..…….45

РОЗДІЛ 2. *МЕТОДИ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК*…….46
2.1. Види заготовок деталей автомобілів……..……..46
2.2. Заготовки з прокату……...46
2.3. Литі заготовки……63
2.4. Ковані та штамповані заготовки…….……..66
2.5. Заготовки, отримані листовим штампуванням…...……77
2.6. Характеристика заготовок із пластмас і гуми ……..……..81
2.7. Попередня обробка заготовок ……..88
Контрольні запитання до розділу……..…….…90

РОЗДІЛ 3. *БАЗУВАННЯ ТА ЗАКРІПЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ В ПРИСТРОЯХ ПРИ ОБРОБЦІ*……...91
3.1. Способи встановлення заготовок при обробці…….……...91
3.2. Види баз……...……91
3.3. Схеми базування деталей……..94
3.4. Принцип суміщення та постійності баз……...95
3.5. Похибки базування……96
3.6. Пристосування для механічної обробки……100
3.7. Установлюючі елементи пристосувань……103
3.8. Елементи затискних пристроїв пристосувань……...107
3.9. Установлюючо–затискні елементи……..……....109
3.10. Механізовані приводи до пристосувань……..111
3.11. Елементи пристосувань, що служать для направлення інструменту....114
3.12. Корпуси пристосувань……..……115
3.13. Допоміжний інструмент……115
3.14. Вибір пристосувань і особливості їх проектування……..……..117
Контрольні запитання до розділу……..……...119

РОЗДІЛ 4. *МЕТОДИ ДОСЯГНЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ОБРОБКИ*……..…..120
4.1. Технологічність конструкції автомобільної техніки та її елементів
……,……..……...120
4.2. Фактори, що впливають на точність виготовлення деталей машин…...124
4.3. Вибір баз при обробці заготовок……...…129

4.4. Методи та засоби визначення якості оброблюваної поверхні……133
4.5. Припуски на механічну обробку……..…..140
4.6. Зміцнення поверхневого шару деталей технологічними методами……142
4.7. Антикорозійна, термічна та хіміко–термічна обробка металевих виробів……...147
Контрольні запитання до розділу……..……...…151

РОЗДІЛ 5. *ОСНОВНІ МЕТОДИ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ*……..152
5.1. Види та режими механічної обробки різанням ……....152
5.2. Обробка зовнішніх циліндричних поверхонь ……..167
5.3. Обробка внутрішніх циліндричних поверхонь ……...170
5.4. Обробка плоских поверхонь ……..…173
5.5. Обробка зубчастих поверхонь ……...180
5.6. Обробка різьбових поверхонь ……....205
5.7. Виготовлення шпонкових пазів ……...…...206
5.8. Обробка шліцевих поверхонь ……....208
5.9. Обробка деталей класу «ексцентричні деталі»……....210
5.10. Розточування отворів і кільцевих канавок ……..213
5.11. Виготовлення порожнистих деталей методом токарно-давильної обробки ……..……...……216
5.12. Викінчувальні види обробки …….....220
5.13. Технологія обробки на верстатах з програмним керуванням …...……225
5.13.1. Загальні відомості про верстати з програмним керуванням……...225
5.13.2. Класифікація та індексація верстатів з ПК……...226
5.13.3. Показники роботи верстатів з ПК……..227
5.13.4. Технологічне оснащення для верстатів з ПК……...229
5.13.5. Налагодження верстатів з ПК……232
5.13.6. Точність обробки на верстатах з ПК……236
5.13.7. Особливості проектування технологічних процесів для верстатів з ПК……...241
5.14. Сучасні технологічні процеси, що мають перспективу використання в автомобілебудуванні……..…..244
Контрольні запитання до розділу……..……...251

РОЗДІЛ 6. *ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ* ……...…..…252
6.1. Технологія виготовлення валів ……..……252
6.2. Технологія виготовлення втулок і вкладишів…….……..…259
6.3. Технологія виготовлення корпусних деталей……..….262
6.3.1. Функції, які виконують корпусні деталі……..…...262
6.3.2. Технічні вимоги і норми точності……..…….263
6.3.3. Маршрут обробки та технологічні бази……..……264
6.3.4. Контроль корпусних деталей…….……266
6.4. Технологія виготовлення деталей приводів і трансмісій…..…..……267
Контрольні запитання до розділу……..……...287

РОЗДІЛ 7. *ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ КУЗОВІВ ТА РАМ* ……..288

7.1. Види зварювання……..288
7.1.1. Електродугове зварювання……..……289
7.1.2. Електродугове наплавлення під шаром флюсу.……293
7.1.3. Електрошлакове зварювання…..……...296
7.1.4. Електронно-променеве, лазерне та плазмове зварювання……....296
7.1.5. Вібродугове наплавлення……..……..……...296
7.1.6. Зварювання в середовищі захисних газів…….....……...297
7.1.7. Газове зварювання……..……..…….299
7.1.8. Контактне зварювання…….…….....302
7.2. Технологія зварювання……307
7.3. Технічні вимоги до якості зварних з'єднань…….308
7.4. Контроль якості зварних з'єднань……..312
7.5. Потокові лінії складання та зварювання автотранспорту……313
7.6. Складання та зварювання кузовів автобусів, електробусів, тролейбусів і трамваїв……320
7.7. Складання і зварювання причепів……...……...323
Контрольні запитання до розділу……..……...……325

РОЗДІЛ 8. *ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТА СКЛАДАННЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ*……...…...326
8.1. Основні вимоги до технологічних процесів механічної обробки……...326
8.2. Вихідні дані для проектування технологічних процесів …….....327
8.3. Організаційні форми виконання технологічних процесів….....328
8.4. Встановлення плану і методів обробки ……..……...342
8.5. Вибір обладнання, пристосувань, різального та вимірного інструментів ……...…….343
8.6. Встановлення режимів різання ……..……347
8.7. Проектування технологічних процесів механічної обробки деталей …..……...……356
8.8. Типізація технологічних процесів і групові наладки ……..……360
8.9. Послідовність та зміст операцій складання ……..……363
8.10. Проектування технологічних процесів складання……..……367
8.11. Нормування технологічних процесів механічної обробки та складання.....374
8.12. Оцінка техніко–економічної ефективності технологічних процесів……..386
Контрольні запитання до розділу……..……...…393

РОЗДІЛ 9. *ОСНОВИ АВТОРЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА*……..394
9.1. Старіння автомобілів……...394
9.2. Надійність та зміна технічного стану деталей автомобілів у процесі експлуатації…….398
9.2.1. Вплив сил тертя та фізичне старіння деталей……400
9.2.2. Фактори, що впливають на довговічність і надійність машин…….401
9.3. Система ремонту автомобілів……403
9.4. Авторемонтні підприємства……407
9.5. Матеріально-технічні засоби для діагностики, ремонту та монтажу автомобілів……...415

9.5.1. Вимірювальний інструмент……..415
9.5.2. Діагностичне та ремонтне обладнання……...418
9.5.3. Такелажні механізми і пристосування……423
Контрольні запитання до розділу……..……...…433

РОЗДІЛ 10. *ПРИЙМАННЯ АВТОМОБІЛІВ І АГРЕГАТІВ У РЕМОНТ*……..434
10.1. Приймання автомобілів і агрегатів у ремонт та їхнє зберігання…..….434
10.2. Проектування процесу розбирання…….….440
10.2.1. Організація процесу розбирання…….…..440
10.2.2. Формування послідовності й змісту операцій одиничного та типового технологічних процесів розбирання……...…….…445
10.2.3. Особливості розбирання різьбових з'єднань……447
10.2.4. Розбирання з'єднань з натягом……..449
10.2.5. Організація робочих місць і техніка безпеки при виконанні розбірних робіт……..…….…453
10.3. Розробка технологічного процесу мийно–очисних робіт……..455
10.3.1. Особливості й характер забруднень транспортних засобів…….…...455
10.3.2. Механізм дії миючих засобів……460
10.3.3. Установки для миття і очищення……..468
10.3.4. Технологічний процес мийно-очисних робіт……...470
10.4. Дефектування деталей……...……471
10.4.1. Дефектування і сортування деталей……..…471
10.4.2. Організація процесу дефектування деталей……..…….…473
Контрольні запитання до розділу……..……...…487

РОЗДІЛ 11. *СПОСОБИ ТА ЗАСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ*……..……..488
11.1. Класифікація способів відновлення деталей……...489
11.2. Вибір оптимального способу відновлення деталей……490
11.3. Відновлення деталей металізацією ……491
11.4. Відновлення деталей паянням……..496
11.5. Відновлення деталей хромуванням..……....502
11.6. Відновлення деталей залізненням……511
11.7. Відновлення деталей іншими видами покриттів.……...519
11.8. Відновлення деталей синтетичними матеріалами……..521
11.9. Відновлення деталей за допомогою полімерних матеріалів……..523
Контрольні запитання до розділу……..……...…532

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……...……..534

ВСТУП

Автомобілебудування є невід'ємною частиною машинобудівного комплексу України. Автомобільна промисловість виробляє легкові та вантажні автомобілі, електромобілі, автобуси, електробуси, тролейбуси, травмаї, мотоцикли, мопеди, причепи, спеціальну та військову автомобільну техніку, займається виробництвом запчастин та комплектуючих до автомобілів, мотоциклів, мопедів тощо. До цієї галузі відносять підприємства, які займаються конструюванням, дизайном, виробництвом та збутом моторизованих засобів транспорту. Також в Україні через дешевизну трудових ресурсів створено і функціонує значна кількість заводів із виробництва кабельно–провідникової продукції провідних автовиробників. Відтак існує значна необхідність у знаннях із організації та реалізації сучаних технологічних процесів виготовлення автомобільної техніки. Адже створити технічно й економічно раціональну конструкцію автомобіля зможуть лише конструктори, які володіють знаннями у сфері технології автомобілебудування.

Окрім виробництва автотранспортних засобів, надзвичайно актуальним є їх ремонт, що зумовлює необхідність широкого використання сучасних технологій ремонту та відновлення деталей і комплектуючих автомобілів. Адже експлуатація автотранспортних засобів призводить до зношування їх елементів та виникнення різних видів несправностей і дефектів, усунення яких є необхідним для підтримання авто в працездатному стані. Також враховуючи те, що 70–75% деталей, які надходять у ремонт, можуть використовуватись надалі без чи із незначним відновленням, використання ремонтних та відновлювальних технологій в автомобілебудуванні є економічно доцільним і необхідним.

Основне завдання даного підручника – дати студентам необхідні базові знання з технології виробництва та ремонту автомобілів. Він включає одинадцять розділів, в яких: описано виробничі та технологічні процеси в автомобілебудуванні; методи виготовлення заготовок; базування та закріплення деталей у пристроях при обробці; методи досягнення точності та якості обробки; основні методи механічної обробки деталей автомобілів; технологію виготовлення типових деталей автомобілів; виготовлення та відновлення автотранспорту зварюванням та наплавленням; проектування технологічних процесів механічної обробки деталей та складання автотранспортних засобів; основи авторемонтного виробництва; приймання автомобілів і агрегатів у ремонт; способи та засоби відновлення деталей автомобілів.

З метою кращого засвоєння матеріалу студентами розроблено запитання до кожного розділу.

РОЗДІЛ 1

ВИРОБНИЧИЙ І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕСИ В АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ

1.1. Коротка характеристика автомобілебудівної промисловості України

Невід'ємною частиною машинобудівного комплексу України є автомобілебудування, яке на даний час представлене легковим автомобілебудуванням, вантажним автомобілебудуванням, автобусобудування, тощо. **Автомобільна промисловість** (часто автомобілебудування) – це галузь транспортного машинобудування, яка виробляє моторизовані нерейкові транспортні засоби. До них відносяться легкові й вантажні автомобілі, автобуси, мотоцикли, тролейбуси, причепи, мопеди, спеціальна та військова автомобільна техніка. Також ця промисловість займається виробництвом запчастин та комплектуючих для автомобілів, мотоциклів, мопедів тощо. До цієї галузі відносять підприємства, які займаються конструюванням, дизайном, виробництвом та збутом моторизованих засобів транспорту.

Автомобілебудування зародилось і стрімко почало розвиватись наприкінці XIX століття у Західній Європі, США та Канаді, що було пов'язано із наростаючим потребами механізації сухопутніх перевезень. В Україні воно почало розвиватись на початку XX століття. Перший український автобус на основі закордонної вантажівки був побудований в Одесі у механічній майстерні інженера В. Н. Стасюлевича, а в жовтні 1923 року у Кам'янці-Подільському було випущено перший автобус «Кам'янецький мотор». Далі почали випускати вантажівки у Харківському автоскладальному заводі, після 2 світової війни на Дніпропетровському автомобільному заводі, на КрАЗі тощо. Цікаво, що перший Український електромобіль був виготовлений у Києві ще в 1935 році інженером А. Г. Таубіном.

До XIX століття автомобілебудування України було представлено виробництвом вантажних і легкових автомобілів, автобусів, тролейбусів, трамваїв та мотоциклів. До 1991 р. в автомобілебудівний комплекс входило 4 автомобільних заводи (Запорізький і Луцький автозаводи по виготовленню легкових автомобілів, Кременчуцький автозавод по виробництву вантажівок та Львівський автобусний завод), Київський мотоциклетний завод, та заводи з виготовлення спеціальної автомобільної техніки (Дрогобицький крановий завод, Одеський автоскладальний завод, Львівський завод автонавантажувачів), чи з її переобладнання, ремонту, модернізації тощо.

В епоху незалежності в Україні з'явились нові заводи автомобілебудівної промисловості. Південний машинобудівний завод почав виготовляти тролейбуси і трамваї. У Черкасах було налагоджено складання мікроавтобусів «Богдан». Також корпорацією «Богдан» було налагоджено складання легкових автомобілів у ДП «Автоскладальний завод № 1» (колишньому Луцькому

автомобільному заводі). У Сімферополі та Лубнах освоїли виробництво «Газель». У Борисполі та Чернігові почали виробництво мікроавтобусів, а в Іллічівську було налагоджено складання автомобілів «Волга». Вагомим внеском в розвиток автомобілебудування України стало відкриття на Закарпатті заводу по випуску автомобілів марок Škoda Єврокар.

Відтак на сьогодні у вітчизняній автомобільній промисловості по виробництву легкових автомобілів спеціалізуються ПАТ «Запорізький автомобілебудівний завод» і ПрАТ «Єврокар». Виробництвом вантажних автомобілів займаються ПрАТ «АвтоКрАЗ», ПАТ «Запорізький автомобілебудівний завод» і корпорація «Богдан». Автобусобудуванням (виготовлення автобусів різних габаритів і типів, тролейбусів, електробусів, трамваїв) займаються ПАТ «Запорізький автомобілебудівний завод», АТ «АК Богдан Моторс», ПрАТ «Бориспільській автомобільний завод», ПрАТ «Часівоярські автобуси», ПрАТ «Чернігівський автозавод», ПАТ «Черкаський автобус», Львівський та Дніпровський автобусні заводи (входять в холдинг ЛАЗ), СП «Електронтранс» (м. Львів). До підприємств з виготовлення комплектуючих та запасних частин до автомобільної техніки належать Мелітопольський моторний завод «Автогідроагрегат» (ТОВ «АГАТ»), ПАТ «ВЕСТА–Дніпро» (м. Дніпро, виробництво акумуляторів), ПАТ «Кременчуцький колісний завод», ПАТ «Херсонський завод карданних валів», ПАТ «Синельниківський ресорний завод», Білоцерківський шинний завод ПАТ «Росава» та інші. Також в Україні через дешевизну трудових ресурсів було створено значну кількість заводів із виробництва кабельно–провідникової продукції провідних автовиробників, які представлені ТОВ СЕ Борднетце–Україна (заводи у м. Тернопіль, м. Хмельницький, м. Чернівці, м. Чортків), ВО «Карпати» (м. Івано-Франківськ), завод американської корпорації Delphi (м. Вінниця) тощо.

Проте автомобільна промисловість України в останні роки різко зменшила виробництво автомобілів. За 2018 рік було випущено всього 6 тис автомобілів, що майже в 100 разів менше, ніж у піковий 2008 рік (більше 400 тис). А в 2020 році виробництво легковиків склало лише 4202 одиниці. Так у 2020 році на заводі ПрАТ «Єврокар» зібрали лише 3386 одиниць, а у ПАТ «Запорізький автомобілебудівний завод» 816 авто. Враховуючи те, що всередньому у світі на рік виготовляють близько 94 мільйонів легкових авто, це мізер. Наприклад, заводи Toyota Motor виробляють 19,9 авто на хвилину, концерну Volkswagen − 19,8 автомобілів, а компанія Tesla − 42 електрокари за годину. Рівень автомобілізації в Україні у 2019 році становив лише 257 автомобілів на 1000 жителів, а кількість електрокарів на осінь 2020 року становила лише 23,3 тисячі одиниць, що не йде в ніяке порівняння з іншими європейськими країнами. Крім того, в Україні не вирішена проблема утилізації старих авто, яких є критична кількість (більше 50% від наявного автопарку).

Враховуючи вищенаведене головними завданнями розвитку автомобілебудування має стати щорічне різке зростання випуск легкових електрокарів, вантажних автомобілів та автобусів.

1.2. Типи виробництв та їх техніко–економічна характеристика

Тип виробництва − це організаційно–технічна характеристика виробничого процесу, яка визначається за ознаками широти номенклатури продукції; величини партії, складності виготовлюваної продукції. У автомобілебудуванні, в залежності від програми випуску виробів і характеру виготовленої продукції, ступеню спеціалізації та форми виробничого процесу, розрізняють три основних типи виробництва: **одиничне**, **серійне** та **масове** (табл. 1.1). Відповідно серійне виробництво поділяють на: велико-, середньо- і дрібносерійне.

Таблиця 1.1 − Характеристика типів виробництва

№ з/п	*Показник (фактор)*	*Тип виробництва*		
		одиничне	*серійне*	*масове*
1	Номенклатура продукції	Необмежена (випуск окремими екземплярами)	Відносно постійна (випуск окремими партіями або серіями)	Постійна на протязі тривалого періоду (випуск одного або декількох виробів у великих кількостях)
2	Стабільність номенклатури	Нестабільна (випуск виробів не повторюється)	Випуск виробів періодично повторюється	Стабільна (постійний випуск вузької номенклатури
3	Спеціалізація робочих місць	Відсутня	Часткова	Повна
4	Обладнання	Універсальне	Універсальне та частково спеціальне	Спеціальне
5	Розташування робочих місць	За технологічним принципом	За технологічним і предметним принципом	За предметним принципом
6	Оснащення	Універсальне	Уніфіковане	Спеціальне
7	Рівень кваліфікації робітників	Високий	Середній і високий на верстатах з ЧПК і в автоматизованих системах	Невисокий на потокових лініях і високий в автоматизованих системах
8	Тривалість виробничого циклу	Велика	Середня	Мала
9	Собівартість і трудомісткість виробів	Висока	Середня	Мала
10	Технологічні процеси	Укрупнені	Подетальні	Подетально–операційні

Тип виробництва, як найбільш загальна характеристика, визначається рівнем спеціалізації робочих місць, номенклатурою об'єктів виробництва, формою переміщення виробів по робочих місцях. Рівень спеціалізації робочих місць характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, тобто кількістю робочих операцій, що виконуються на одному робочому місці протягом місяця. Згідно з ГОСТ 3.1121-84 коефіцієнт закріплення операцій для групи робочих місць визначається за формулою:

$$K_{зо} = \frac{O}{P}, \qquad (1.1)$$

де O – кількість різних операцій, які виконуються за плановий період часу в певному підрозділі; P – загальне число робочих місць в даному підрозділі.

Якщо за робочим місцем закріплено тільки одну операцію, незалежно від завантаження, то $K_{зо} \le 1$, що відповідає масовому виробництву; при $1 < K_{зо} \le 10$ – великосерійне виробництво; $10 < K_{зо} \le 20$ – середньо–серійне виробництво; при $20 < K_{зо} \le 40$ – дрібносерійне; при $K_{зо} > 40$ – одиничне виробництво.

Одиничне виробництво – це виробництво з нестійкою різноманітною номенклатурою виробів, які виготовляються через тривалі періоди часу або лише один раз. Воно характеризується широкою номенклатурою предметів праці та малим обсягом їх випуску. На підприємствах з одиничним виробництвом застосовують переважно універсальне устаткування з розташуванням його в цехах за груповою ознакою (тобто розбивкою на ділянки токарних, фрезерних, стругальних верстатів та ін.). Технологія виробництва характеризується застосуванням стандартного різального й універсального вимірювального інструменту. У зв'язку з тим, що конструкції виготовлених в одиничному виробництві машин не стабільні і піддаються частим змінам, при обробці заготовок принципово повної взаємозамінності не дотримуються і при складанні застосовують підгінні роботи. З метою запобігання браку основні металомісткі, дорогі деталі виготовляють рідше, ніж більш дешеві, що з'єднуються з ними, за рахунок яких компенсуються відхилення розмірів основних деталей, що виникають при їх обробленні.

Серійне виробництво – це виробництво, при якому номенклатура продукції обмежена, кожен вид продукції виготовляється окремими серіями або партіями, що повторюються через певний проміжок часу. Воно характеризується порівняно великим обсягом випуску. В залежності від кількості виробів у партії чи серії та значення коефіцієнта закріплення операцій розрізняють дрібносерійне (близьке до одиничного), середньосерійне (серійне) й великосерійне виробництво (близьке до масового).

На підприємствах серійного виробництва використовують оснащення як спеціальне, так і універсально-налагоджувальне (УНП) та універсально-збірні пристосування (УЗП), що дозволяє знизити трудомісткість і здешевити виробництво. При невеликій трудомісткості чи обробленні недостатньо великої програми випуску виробів доцільно обробляти заготовки партіями, з послідовним виконанням операцій, тобто після оброблення всіх заготовок

партії на одній операції робити обробку цієї партії на наступній операції. При цьому час обробки на різних верстатах не узгоджується. Заготовки під час роботи зберігають біля верстатів, а потім транспортують цілою партією.

У серійному виробництві застосовують також перемінно-потокову форму організації робіт. Відповідно устаткування розташовують за ходом технологічного процесу. Обробку здійснюють партіями, причому заготовки кожної партії можуть трохи відрізнятися розмірами чи конфігурацією, але допускають обробку на тому ж устаткуванні. В цьому випадку час обробки на даному верстаті узгоджується з тривалістю обробки на наступному верстаті, тому рух заготовок даної партії здійснюється безупинно у порядку послідовності технологічного процесу. Для переходу до обробки партій інших деталей переналагоджують устаткування й технологічне оснащення.

Масове виробництво характеризується виготовленням певного виду однотипної продукції у великих масштабах на протязі тривалого періоду часу. Воно також характеризується сталим об'єктом виробництва, що при значному обсязі випуску продукції забезпечує можливість закріплення операцій за визначеним устаткуванням з розташуванням його за ходом реалізації технологічного процесу в технологічній послідовності (по потоці) з широким застосуванням спеціалізованого й спеціального устаткування, механізацією й автоматизацією виробничих процесів при дотриманні принципу прямоточності організації виробничого процесу. За таких умов найбільш ефективною формою виробництва є організація синхронізованого, досить стабільного за часом, потокового виробництва й потокових технологічних ліній, яке характеризується тим, що час виконання кожної операції на лінії є однаковим чи кратним такту випуску.

Інтервал часу, через який періодично виконується випуск виробів визначеного найменування, типорозміру й виконання, називається тактом випуску й підраховується за формулою:

$$t = \Phi_д \frac{60}{N}, \tag{1.2}$$

де $\Phi_д$ – дійсний фонд часу роботи лінії за календарний період, год.; N – програма випуску виробів, що запускаються у виробництво на цей же період, шт.

Організація потокових ліній вимагає певних режимів роботи: дотримання встановленого технологічного процесу та регламентованих швидкостей його ведення; відповідне налагодження обладнання і облаштування робочих місць. Має бути встановлений порядок обслуговування потокової лінії. До дільниці потокової лінії, яка виконує першу операцію, повинні безперервно подаватися матеріали, напівфабрикати, заготовки. Огляд і ремонт обладнання потрібно проводити переважно у вільні зміни та регламентовані перерви. На робочих місцях бажано мати певний запас комплектів інструменту. Обслуговуванням потокової лінії та робочих місць повинен займатися допоміжний персонал. Необхідне дотримання дисципліни.

За кожною потоковою лінією закріпляють один чи декілька завершених технологічних процесів. При беззупинному потоці на лінії передача виробу з позиції на позицію (робоче місце) здійснюється безупинно в примусовому порядку, що забезпечує рівнобіжне одночасне виконання всіх операцій на лінії.

1.3. Виробничий і технологічний процеси

Виробничий процес – це сукупність взаємозв'язаних процесів праці і природних процесів, в результаті яких вихідні матеріали перетворюються в готову продукцію. За призначенням та роллю у виробництві всі виробничі процеси поділяються на **основні**, **допоміжні** та **обслуговуючі**.

До **основних** відносять процеси безпосереднього виготовлення продукції, яка складає програму випуску і відповідає спеціалізації підприємства.

Сукупність основних процесів складає основне виробництво, яке має три стадії:

– *заготівельну* – процеси виготовлення заготовок (різання, кування, штампування, литво та ін.);

– *обробну* – процеси механічної, термічної та хімічної обробки;

– *складальну* – процеси складання, регулювання, випробування, консервації і пакування.

Допоміжні процеси передбачають виготовлення продукції, яка, як правило, використовується самим підприємством для забезпечення функціонування основного виробництва (процеси виготовлення, ремонту, відновлення технологічного оснащення; ремонт основних фондів; виробництво та розподіл енергії (електроенергії, пари, води, стисненого повітря та ін.); виготовлення тари.

Обслуговуючі процеси забезпечують функціонування основних та допоміжних процесів (транспортні і складські послуги, лабораторні дослідження, аналіз матеріалів, технічний контроль та ін.).

Тому на машинобудівному підприємстві виробничий процес складається не лише з процесів, безпосередньо пов'язаних із виготовленням заготовок, деталей і складанням виробів, але й з процесів, які забезпечують підготовку та обслуговування виробництва. Такими процесами є проектування нових і модернізація (вдосконалення) машин, що виготовлюються, розробка технологічних процесів виготовлення деталей і складання виробів, виготовлення інструментів, пристосувань та іншого технологічного оснащення, транспортування і контроль матеріалів, заготовок, деталей і готової продукції в процесі виробництва, ремонт і обслуговування обладнання та ін.

Основною структурною складовою виробничого процесу є **технологічна операція** – завершена частина виробничого процесу, яка виконується над предметом праці робітником (або групою робітників) при незмінних предметах і засобах праці. Операції поділяють на ручні, машинно–ручні (механізовані), машинні (повністю механізовані), автоматизовані (виконуються машинами під наглядом робітника), автоматичні (виконуються без участі робітника

спеціальними машинами, які управляються за попередньо розробленими програмами з використанням сучасної комп'ютерної та мікропроцесорної техніки), апаратні (виконуються в спеціальних апаратах в автоматичному або автоматизованому режимі).

За технологічною та організаційною складністю виробничий процес поділяють на ***простий*** (виготовлення окремих деталей) і ***складний*** (виготовлення вузлів або готового виробу). Найхарактернішим прикладом складного виробничого процесу є процес виготовлення певного механізму (машини), який включає в себе виробничі процеси виготовлення окремих деталей; складальних одиниць, виробу в цілому, а також його випробування. Для визначення тривалості виробничого циклу складного процесу використовують, як правило, графічний метод. На основі схеми складання виробу будують лінійний цикловий графік. По графіку аналізують випередження одних процесів відносно інших і визначають загальну тривалість виробничого циклу складного процесу як найбільшу суму циклів послідовно зв’язаних між собою простих процесів і міжопераційних перерв:

$$T_{ц} = \left[\sum_{i=1}^{n} T_{пі} + \sum_{i=1}^{m} T_{мо} \right]_{\max}, \qquad (1.3)$$

де n – кількість послідовно зв’язаних між собою процесів виготовлення деталей або складальних одиниць; $T_{пі}$ – тривалість виробничих циклів виготовлення деталей або складальних одиниць; $T_{мо}$ – тривалість міжопераційних перерв.

Приклад схеми виготовлення виробу наведено на рис. 1.1.

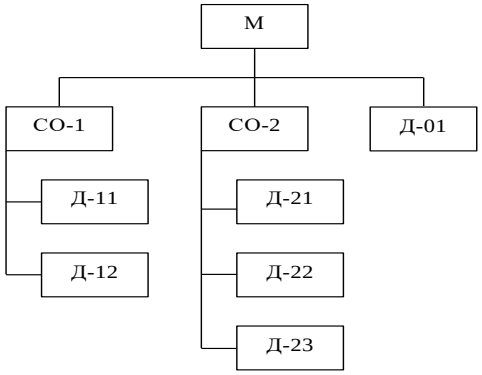


Рисунок 1.1 − Схема виготовлення механізму

Із схеми видно, що механізм виготовляється з двох складальних одиниць (СО–1 і СО–2) та окремої деталі Д–01. У свою чергу складальна одиниця СО–1 містить дві деталі (Д–11 і Д–12), а складальна одиниця СО–2 – три деталі (Д–21, Д–22 і Д–23). На основі схеми виготовлення та складання механізму будується цикловий графік з врахуванням часу міжопераційних перерв (пунктирні лінії), часу виготовлення деталей і складальних одиниць (суцільні лінії), а також часу на складання власне виробу М і часу на його випробування (рис. 1.2).

Виробничий процес створення машин при сучасній організації виробництва зазвичай не виконується комплексно на одному підприємстві. Виконання окремих процесів здійснюється на спеціалізованих заводах з виробництва заготовок, напівфабрикатів, деталей, вузлів, агрегатів, інструментів та ін. Таким чином, склад виробничого процесу на машинобудівному заводі залежить не тільки від характеру виготовлюваної продукції, масштабу виробництва, технологічних процесів виготовлення заготовок і деталей, але й від номенклатури поставок по кооперації з інших підприємств.

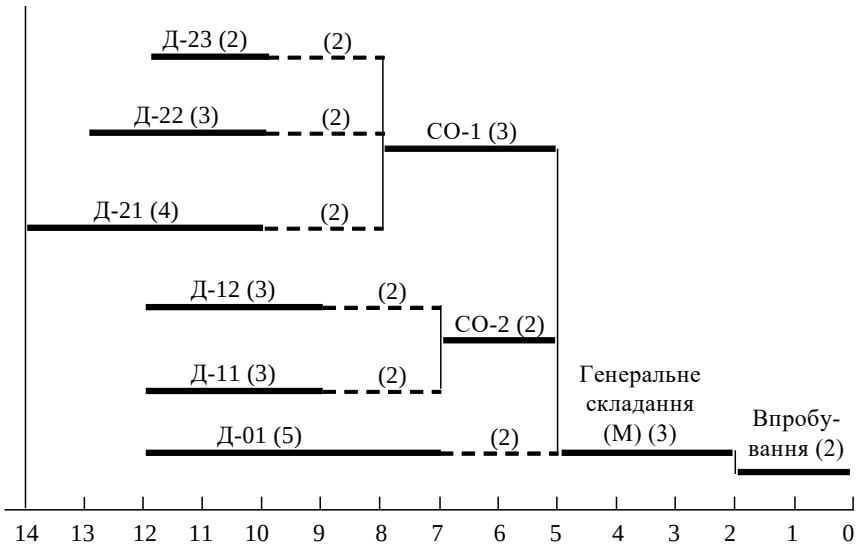


Рисунок 1.2 − Приклад циклового графіка

Примітки: 1. Цикловий графік можна будувати як зліва направо, так і справа наліво.
2. В дужках вказано тривалість виготовлення окремих деталей, складальних одиниць, складання власне механізму і його випробування, а також міжопераційних перерв.

Виробничий процес на машинобудівному підприємстві починається із отримання, контролю й складування матеріалів, заготовок і напівфабрикатів, готових деталей, вузлів і агрегатів. Після прийняття матеріали надходять із складів в заготівельні цехи, а заготовки і напівфабрикати – в обробляючі цехи, де з них виготовляють деталі. Виготовлені на заводі й отримані в порядку кооперації готові деталі, вузли, агрегати подаються в складальні цехи, де проводиться складання вузлів і машин, а також і їх випробування. Завершальним етапом виробничого процесу є пакування виготовленої підприємством готової продукції та відвантаження її споживачам.

Технологічним процесом називається та частина виробничого процесу, яка безпосередньо зв’язана із зміною форми, розмірів, властивостей матеріалів або напівфабрикатів з метою отримання заготовок і деталей, а також – із складанням і випробовуванням готових вузлів чи виробів. Чим різноманітніше використовувані на заводі технологічні процеси, тим складніша організація виробничого процесу.

Обробку будь-якої заготовки можна здійснювати різними способами. Технологічний процес обробки заготовки може містити невелику кількість операцій із застосуванням незначної кількості устаткування, однак ця ж заготовка може бути оброблена на більшій кількості верстатів, із великою кількістю операцій, що складаються, як правило, з одного виду найпростішої обробки. У першому випадку кількість переходів в операціях характеризує їхню складність, насиченість, тобто ступінь концентрації.

Кількість переходів, які виконуються послідовно на верстаті, називають **послідовною концентрацією технологічного процесу**. Приклад послідовної операції процесу показаний на прикладі обробки шестиступінчатого вала одним різцем за 14 переходів (вісім переходів при першому встановленні – повздовжнє точіння чотирьох шийок з підрізанням чотирьох уступів; шість переходів при другому встановленні – повздовжнє точіння трьох шийок із підрізанням трьох уступів). Послідовність обробки цього вала за одну операцію характеризується роздільним обточуванням шести шийок з розбиванням обробки середньої шийки на два окремих переходи за два встановлення. Якщо одночасно паралельно виконують значне число переходів в одній операції, то таку організацію роботи називають **рівнобіжною концентрацією технологічного процесу**. Рівнобіжна концентрація технологічного процесу пов`язана з використанням багатоінструментальних верстатів (багатопозиційних і багатошпиндельних верстатів, оснащених великим числом одночасно працюючих інструментів і т. п.), що забезпечують високу продуктивність, скорочення витрат допоміжного часу та є економічно доцільною при великій програмі випуску продукції.

Принцип диференціації передбачає розподіл виробничого процесу на окремі технологічні процеси, операції, переходи, рухи, тому якщо технологічний процес роздроблений на найпростіші операції з невеликим числом переходів у кожній, то він називається **диференційованим технологічним процесом.** Диференціація операцій технологічного процесу застосовується на окремих етапах виробництва великого масштабу при недостатньому оснащенні спеціальним устаткуванням, відсутності кваліфікованих робітників та ін. У цьому випадку технологічний процес розчленовується на найпростіші операції, переважно одноперехідні чи двоперехідні, зокрема, при виконанні нетрудомісткої обробки найпростіших поверхонь (наприклад, центрування валів, зняття фасок після обробки заготовки на автоматі і т. д.). Ступінь диференціації визначається наявністю таких факторів: розмірами і масою заготовки, обсягом випуску виробів, характером обробки, умовами й трудомісткістю закріплення заготовки на верстаті, тощо. Під час диференціації ручних операцій треба враховувати фізіологічні, психологічні та економічні межі поділу праці, бо надмірна диференціація підвищує стомлюваність робітників унаслідок монотонності і високої інтенсивності праці, а велика кількість операцій призводить до зайвих витрат на встановлення, закріплення, переміщення виробів та інше.

1.4. Основні принципи і форми організації виробничого процесу

Основні принципи організації виробничих процесів є наступними:

1) *принцип спеціалізації* – вимагає чіткого розподілу праці між окремими підрозділами підприємства або виготовлення певної, чітко визначеної, номенклатури продукції;

2) *принцип пропорційності* – передбачає вирівнювання продуктивності окремих дільниць виробництва і робочих місць, що забезпечує економію коштів;

3) *принцип безперервності* – вимагає безперервного руху предмету праці у виробництві, а також безперервної роботи обладнання і робітників, що забезпечує зменшення витрат часу на виробництво виробу;

4) *принцип паралельності* – вимагає одночасного (паралельного) виконання окремих операцій, що забезпечує усунення «вузьких місць» і зменшує тривалість виробництва;

5) *принцип прямоточності* – вимагає забезпечення найкоротшого шляху проходження виробу по всіх стадіях і операціях технологічного процесу (забезпечується відповідним розташуванням робочих місць, дільниць і цехів);

6) *принцип ритмічності* – передбачає випуск однакових обсягів продукції за однакові (рівні) проміжки часу.

Існують наступні основні форми організації роботи (спеціалізації виробничої структури):

1. За видами обладнання (технологічна форма спеціалізації), властива головним чином одиничному виробництву (для окремих деталей), яка також застосовується в серійному виробництві.

При технологічній формі спеціалізації виробничої структури цеху у виробничих підрозділах виконують частину технологічного процесу, яка складається з однієї або декількох операцій при дуже широкій номенклатурі деталей (виробів). До переваг такої форми належать полегшеність технічного керівництва та можливість регулювати завантаженням обладнання, до недоліків – збільшення довжини маршруту руху предметів праці з багаторазовим їх поверненням на одні й ті самі дільниці. Це порушує принцип прямоточності, утруднює узгодження роботи дільниць і призводить до збільшення тривалості виробничого циклу. Верстати розташовують за ознакою однорідності обробки, тобто, використовують частини верстатів, призначених для одного виду обробки, – токарних, стругальних, фрезерних та інших.

2. Предметна, властива головним чином серійному виробництву (для окремих деталей), яка також використовується в масовому виробництві.

Предметна спеціалізація передбачає організацію окремих виробничих підрозділів, орієнтованих на випуск відповідних видів продукції. Тобто в цих підрозділах реалізується весь (або майже весь) технологічний цикл її виробництва. У такому підрозділі зосереджується різноманітне обладнання, яке необхідне для виготовлення відповідного продукту. Верстати розташовують у

послідовності технологічних операцій для одної або декількох деталей, що потребують однакового чи подібного порядку обробки. У тій же послідовності утворюється і рух деталей, яких обробляють на верстатах партіями. Деталі, що очікують на надходження до наступного верстату для виконання чергової операції, зберігають або біля верстатів, або ж на спеціальних площадках між верстатами, на котрих виконується їх контроль.

3. Потоково-серійна, або перемінно-потокова спеціалізація, характерна для серійного виробництва, де верстати розташовують в послідовності технологічних операцій, встановленій для деталі. Виробництво йде партіями, причому деталі кожної партії можуть трохи відрізнятися одна від іншої розмірами чи конструкцією, допускаючи, однак, їх обробку на одному обладнанні. Технологічний процес ведеться таким чином, що час виконання операції на одному верстаті погоджено з часом роботи на наступному. Переналагоджування верстатів, пристосувань та інструментів, а також і виробничого процесу при переході на обробку інших різновидів подібних деталей забезпечуються попередньою технічною підготовкою.

4. Прямоточна спеціалізація, характерна масовому і в меншій мірі великосерійному виробництву. Верстати розміщують в послідовності технологічних операцій, закріпленими за визначеними верстатами. Деталі з верстата на верстат передають поштучно, але синхронізація часу операцій витримується не на всіх дільницях ліній, тобто час виконання окремих операцій не завжди однаковий. Внаслідок цього біля верстатів, у яких час на виконання операції більший такту, утворюються запаси необроблених деталей. Така форма роботи інколи називається пульсуючим потоком, хід якого визначається верстатами з обмеженою пропускною здатністю («вузькими місцями»).

5. Безперервний потік, характерний тільки для масового виробництва. При цій формі організації роботи верстати розміщують послідовно до ходу технологічного процесу. Час виконання окремих операцій, закріплених за визначеними верстатами, на всіх робочих місцях наближено однаковий, завдяки чому досягається синхронізація операцій.

Розрізняють декілька різновидів роботи безперервним потоком:

– з передачею деталей простими транспортними пристроями без тягового елемента;

– з періодичною подачею деталей транспортними пристроями з тяговим елементом;

– з безперервною подачею деталей транспортними пристроями з тяговим елементом.

В цьому випадку механічний конвеєр рухається безперервно, переміщаючи розташовані на ньому деталі від одного робочого місця до наступного.

Для всіх розглянутих випадків роботи безперервним потоком встановлено, що вирішальним фактором, зумовлюючим принцип безперервного потоку, є не механічне транспортування деталей, а такт роботи.

1.5. Технологічна підготовка виробництва

Технологічною підготовкою виробництва (ТПВ) називають комплекс робіт і заходів, спрямованих на впровадження нових і вдосконалення діючих процесів при освоєнні та впровадженні у виробництво нових та вдосконалення раніше створених виробів.

До складу цих робіт і заходів, крім самої конструктивної розробки, входить аналіз технологічності конструкції, проектування технологічних процесів механічної обробки й складання, вибір заготовок, розрахунок припусків на обробку, вибір, а в разі необхідності і проектування обладнання, оснащення, засобів контролю, розрахунок режимів різання, норм часу, а також багато інших організаційних заходів (наприклад – вибір організаційної форми виробництва, планування інструментального й складського господарства, проектування міжопераційного та внутрішньоцехового транспорту тощо).

Виконання цих робіт, що в більшості випадків дуже трудомісткі, вимагає багато часу й часто, в залежності від складності конструкції виробів, становить кільканадцять місяців або й 1–3 роки. Тому інженери–економісти і вчені шукають шляхи скорочення часу підготовки виробництва та покращення її якості.

Найважливішим кроком в цьому напрямку є стандартизація і типізація технологічних процесів, що дозволяє нормалізувати і стандартизувати весь комплекс робіт, що входять до процесу технологічної підготовки виробництва, тобто створити єдину систему технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ).

Перед ЄСТПВ стоять такі основні завдання:

- освоєння виробництва та виготовлення виробів високої якості при мінімальних часових, трудових і матеріальних затратах на підготовку виробництва;
- запровадження для всіх підприємств і організацій системного підходу у виборі методів і засобів технологічної підготовки, які відповідають основним досягненням науки, техніки та виробництва, що забезпечить можливість безперервного вдосконалення виробництва та швидкого переналагодження його на виготовлення нових виробів;
- здійснення раціональної організації механізованого і автоматизованого виконання робіт.

Інформаційною основою для створення ЄСТПВ є наступні системи:

- єдина система конструкторської документації – ЄСКД.
- єдина система технологічної документації – ЄСТД.
- системи класифікації і кодування техніко-економічної інформації.
- системи стандартних засобів технологічного оснащення, тобто пристроїв, інструментів, агрегатного технологічного обладнання а також засобів механізації та автоматизації.

Стандарти ЄСТПВ поділяються на п’ять груп:

1. Загальні положення.

2. Правила організації та управління процесами технологічної підготовки виробництва.

3. Правила забезпечення технологічності конструкції виробів.

4. Правила розробки й застосування технологічних процесів і засобів технологічного оснащення.

5. Правила застосування технологічних засобів механізації й автоматизації інженерно–технологічних робіт.

Згідно з розрахунками впровадження ЄСТПВ у виробництво дає змогу: скоротити терміни і знизити затрати на технологічну підготовку виробництва в 1,5...2 рази при одночасному підвищенні якості виробів; впровадити автоматизовані системи проектування технологічних процесів і оснащення, а також планування і управління виробництвом на основі комп’ютерної техніки.

Забезпечення технологічності конструкції виробу

Забезпечення технологічності конструкції виробу – функція підготовки виробництва, яка передбачає взаємозв’язане вирішення конструктивних і технологічних задач, спрямованих на підвищення продуктивності праці, досягнення оптимальних трудових і матеріальних затрат, скорочення часу на виробництво, технічне обслуговування й ремонт виробу.

Технологічний контроль конструктивної документації проводиться згідно ДСТУ 3321:2003 (ГОСТ 2.121-73).

Обробка конструкції виробу на технологічність включає вирішення наступних задач:

- зниження трудомісткості і собівартості виготовлення виробу та його монтажу поза межами підприємства-виробника;
- зниження трудомісткості, вартості та часу технологічного обслуговування та ремонту виробу;
- зниження загальної матеріаломісткості виробу, витрат метеріалу і паливно-енергетичних ресурсів при виготовленні та монтажі поза межами підприємства-виробника, а також при технологічному обслуговуванні та ремонті.

Комплекс робіт, щодо зниження трудомісткості і собівартості виготовлення виробу та його монтажу поза межами заводу-виробника включає вирішення наступних задач:

- підвищення серійності виробу і його складових частин за допомогою стандартизації, уніфікації та забезпечення конструктивної подібності;
- обмеження номенклатури складових частин, конструктивних елементів і матеріалів, які використовуються при виготовленні;
- застосування високопродуктивних і маловідходних технологічних рішень, які базуються на типізації процесів та інших прогресивних формах їх організації;

- використання конструктивних рішень, які дозволяють знизити витирати на забезпечення, доступу до складових частин монтажу та демонтажу складових частин виробу;
- використання конструктивних рішень, що забезпечують можливість транспортування виробу в складеному вигляді або у вигляді завершених складових частин, що не потребують розбирання при монтажі, розконсервації, ревізії, а також операцій щодо підгонки;
- використання конструктивних рішень, що полегшують і спрощують умови монтажу поза межами заводів виробників для зниження вимог до кваліфікації монтажників.

Комплекс робіт щодо зниження матеріаломісткості виробу включає вирішення наступних задач:

- використання раціональних сортаментів та марок матеріалів, раціональних способів отримання заготовок, методів і режимів зміцнення деталей;
- розробку і використання прогресивних технологічних рішень, що дозволяють підвищити ресурс виробу та використати маловідходні і безвідходні технологічні процеси;
- розробку раціонального компонування виробу, що забезпечує скорочення витрат матеріалів при монтажі поза межами підприємства-виробника;
- впровадження науково обгрунтованих запасів міцності металоконструкцій і методів розрахунків та випробувань виробу.

Узгодження креслень виробу на технологічність

Креслення виробу не повинні допускатися у виробництво без їх опрацювання та узгодження на технологічність технологічними службами виробництва, на якому буде виготовлятися даний виріб.

Для узгодження конструкторська організація направляє в службу планування підготовки виробництва підприємства, де буде виготовлятися виріб такі документи:

- не менше 2-х комплектів копій креслень, специфікацій, ТУ, програм та методик випробувань виробу та ін.;
- оригінал розпорядження на підготовку виробництва.

Узгодження креслень оформляється за підписами:

- головного інженера підприємства, якщо креслення розробила стороння організація;
- головних спеціалістів, якщо виконавець креслень входить до складу підприємства.

Оцінка технологічності конструкції виробу буває двох видів: якісна і кількісна.

Якісна оцінка – характеризує технологічність конструкції узагальнено на основі досвіду виконавця. Якісна оцінка варіантів конструкції допускається на всіх стадіях проектування, коли відбувається вибір кращого конструкторського рішення і не вимагається визначення ступеня відмінності конструкцій при їх порівнянні. Вона проводиться перед кількісною і визначає доцільність проведення кількісної оцінки.

Кількісна оцінка технологічності конструкції виробу виражається показником, числове значення якого характеризує ступінь відповідності цим вимогам. Вона проводиться в залежності від показників, які відчутно впливають на технологічність конструкції, що розглядається.

До показників технологічності конструкції виробу відносять:

- трудомісткість виготовлення;
- питома матеріаломісткість;
- технологічна собівартість виготовлення;
- середня оперативна трудомісткість технічного обслуговування (ремонту);
- середня оперативна вартість технічного обслуговування (ремонту);
- питома трудомісткість виготовлення.

Технологічність буває двох видів: *виробнича і експлуатаційна*.

Виробнича технологічність, проявляється в:

- конструкторській підготовці виробництва;
- технологічній підготовці виробництва;
- процесах виготовлення.

Експлуатаційна технологічність проявляється в:

- технологічному обслуговуванні виробу;
- ремонті виробу.

Головні фактори, що визначають вимоги до технологічності, наступні:

- вид виробу: деталь, складальна одиниця, комплекс, комплект;
- програма випуску;
- тип виробництва: одиничне, серійне, масове.

Відпрацювання конструкції виробу на предмет виявлення необхідного обладнання, технологічного оснащення, різального інструменту та засобів контролю

Вибір технологічного обладнання повинен грунтуватися на аналізі затрат на реалізацію варіантів технологічного процесу у визначений проміжок часу при задній якості виробів.

Аналіз затрат повинен передбачати:

а) порівняння варіантів обладнання, які відповідають однаковим вимогам і забезпечують вирішення однакових завдань в конкретних виробничих умовах;

б) вибір варіантів, які грунтуються на використанні наступної інформації:

- технічних вимогах на виріб;
- обсягах і терміну виготовлення виробу;

- технічних можливостях технологічного обладнання;
- витрат на придбання технологічного обладнання та його експлуатацію;
- врахування вимог техніки безпеки, охорони навколишнього середовища і виробничої санітарії.

Основні правила вибору технологічного обладнання

Вибір технологічного обладнання повинен починатися з аналізу формування типових поверхонь деталей з метою визначення найбільш ефективних методів обробки, виходячи з призначення та параметрів виробу.

Результати аналізу повинні бути представлені у вигляді:

- відношень основного часу;
- відношень штучного часу;
- відношень приведених затрат на виконання робіт різними методами.

Кращим варіантом рахується той, значення показників якого мінімальні.

Вибір обладнання здійснюється за головним параметром, який є найбільш визначним для обладнання, що вибирається. Фізична величина, що характеризує основний параметр, встановлює взаємозв'язок обладнання з розміром виробу, який на ньому виготовляється.

Вибір варіантів обладнання, яке характеризується ступенем механізації та автоматизації, проводиться виходячи з наступних умов:

- приведені затрати на виконання технологічного процесу мінімальні;
- період окупності обладнання при його механізації та автоматизації мінімальний.

Річна потреба в обладнанні визначається з річного обсягу робіт, що встановлюється аналізом, затрат засобів і часу на виготовлення виробу.

Затрати на експлуатацію повинні характеризувати обладнання, яке класифіковане за продуктивністю і точністю, однакового функціонального призначення і року освоєння виробництвом.

Продуктивність обладнання необхідно визначити на основі аналізу часу виготовлення виробу заданої якості.

Визначення кількості одиниць обладнання для подетально-групових дільниць і потокових ліній проводиться за залежністю:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_i t_i K_{пз}}{F \cdot K_{ч}}, \qquad (1.4)$$

де N_i – кількість виробів, що підлягають обробленні за рік, шт.; t_i – штучний час оброблення i–го виробу, год.; $K_{пз}$ – коефіцієнт, що враховує частку затрат підготовчо–заключного часу; $K_{ч}$ – коефіцієнт виконання норм часу; F – дійсний річний фонд часу роботи одиниці обладнання, год.

Визначення кількості одиниць обладнання за техніко-економічними показниками проводиться за залежністю:

$$S = \frac{Q}{q \cdot m \cdot \eta_{зо}} = \frac{h}{F \cdot \eta_{зо}}, \quad (1.5)$$

де Q – програма готової продукції, що виготовляється за рік (т, шт. або грн.); q – річний випуск продукції однією одиницею обладнання за одну зміну (т, шт. або грн.); m – кількість змін; h – число верстатогодин, що витрачається на 1 т готової продукції; F – річний фонд часу обладнання, год.; $\eta_{зо}$ – плановий нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Вибір технологічного оснащення

При виборі технологічного оснащення здійснюється комплекс взаємозв'язаних робіт в такій послідовності:

- проведення аналізу: конструктивних характеристик виробу, що розглядається (габаритні розміри, матеріал, точність виготовлення та ін.), організаційних і технологічних умов виготовлення виробу (схеми базування і фіксації, вид технологічної операції, організаційна форма процесу виготовлення та ін.);
- групування технологічних операцій з метою визначення найбільш прийнятної системи технологічного оснащення;
- встановлення належності конструкцій, що вибираються до систем оснащення;
- визначення вихідних умов до технологічного оснащення;
- відбір конструкції оснащення, що відповідає необхідним вимогам, з наявної номенклатури;
- визначення вихідних розрахункових даних для проектування і виготовлення нових конструкцій оснащення;
- розробка технологічних завдань на розробку і виготовлення технологічного оснащення.

Конструкцію оснащення слід вибирати з урахуванням стандартних і типових рішень, для даного типу технологічних операцій на основі:

- габаритних розмірів виробу;
- виду заготовки;
- характеристик матеріалу виробу;
- точності параметрів і якісних характеристик поверхонь виробів, що впливають на конструкцію оснащення;
- технологічних схем базування й фіксації виробів;
- характеристик обладнання;
- обсягу виробництва.

При виборі технологічного оснащення використовують таку документацію: стандарти на технологічне оснащення; стандарти на технологічне обладнання; стандарти на терміни і визначення технологічного

оснащення; альбоми типових конструкцій оснащення; каталоги і паспорти на технологічне обладнання; інструктивно-методичні матеріали щодо проведення вибору технологічного оснащення.

При техніко-економічному обгрунтованні вибору систем технологічного оснащення розраховують коефіцієнт завантаження одиниці технологічного оснащення, що дорівнює:

$$K_з = \frac{T_{шт} \cdot N}{F_o}, \qquad (1.6)$$

де $T_{шт}$ – штучно-калькуляційний час виконання технологічної операції; N – планова місячна програма на одиницю оснащення (кількість повторів операції); F_o – місячний фонд часу роботи оснащення.

Вибір засобів контролю

Вибір засобів контролю базується на забезпеченні заданих показників контролю й аналізі витрат на реалізацію процесу контролю у визначений проміжок часу при заданій якості виробу.

Обов'язковими показниками процесу контролю є:

- точність вимірів;
- достовірність контролю;
- трудомісткість контролю;
- вартість контролю.

При аналізі затрат необхідно передбачити порівняння варіантів засобів контролю, що відповідають однаковим вимогам і забезпечують вирішення однакових задач в конкретних виробничих умовах. При виборі варіантів використовують наступну інформацію:

- технічні вимоги до виробу;
- кількість виробів і термін виготовлення;
- технічні можливості засобів контролю;
- затрати на придбання засобів контролю і їх експлуатацію.

При виборі засобів контролю повинно забезпечуватись:

- оптимальне використання прогресивних механізованих і автоматизованих, універсальних і стандартизованих засобів контролю;
- зниження трудомісткості контролю особливо в шкідливих умовах праці;
- необхідна точність і економічність, при яких перевага віддається дешевшим засобам, простим у використанні, тим що не потребують надто високої кваліфікації контролерів, з можливістю переналадки і багаторазового використання при зміні об'єктів контролю.

При виборі засобів контролю використовують: конструкторську документацію на виріб; технологічну документацію на виготовлення і контроль виробу; стандарти; ОСТи; СТП; каталоги і класифікатори засобів контролю.

При виборі використовують засоби контролю, які пройшли державні випробування згідно з вимогами ГОСТ 8.001-80.

До використання допускаються засоби контролю, які визнані придатними за результатами метрологічної експертизи у відповідності з ГОСТ 8.002-76.

При аналізі характеристик обсягу контролю і показників процесу контролю повинні враховуватися:

- вид об'єкту контролю (деталь, складальна одиниця, технологічний процес);
- вид контрольованої ознаки (геометричний розмір, фізичний параметр, форма та ін.);
- номінальне значення і допуск на контрольований параметр;
- допустима похибка вимірів;
- конструктивні особливості виробу (конфігурація, доступність і т.п.);
- бази вимірювань;
- маса об'єкту контролю;
- можливість пошкодження при контролі;
- умови робочого місця;
- транспортабельність засобів і об'єктів контролю;
- продуктивність технічного контролю;
- наявність засобів контролю на підприємстві;
- вартість засобів контролю;
- необхідна кваліфікація контролера;
- доцільність проектування спеціальних засобів контролю.

Розробка норм витрат матеріалів

Нормування витрат матеріальних ресурсів – це встановлення планової міри їх виробничого споживання. Головним завданням нормування є розроблення і провадження науково-обгрунтованих норм витрат матеріальних ресурсів з метою їх ефективного використання.

Нормування включає:

- розроблення норм витрат основних і допоміжних матеріалів виходячи з технічно обгрунтованих нормативів відходів і втрат, що утворюються в процесі виготовлення виробу;
- щорічний перегляд норм витрат матеріалів на основі вдосконалення конструкції виробу, застосування більш економічних і прогресивних матеріалів, впровадження передових технологій, прогресивного обладнання і вдосконалення організації виробництва;
- узгодження і затвердження розроблених норм витрат матеріалів.

Норма витрат матеріалу – це максимально допустима кількість матеріалу, яка необхідна для виготовлення одиниці виробу заданої якості при даних виробничих умовах.

Під виробничими умовами розуміють сукупність організаційних і технологічних особливостей виробництва, що впливають на величину норм витрат.

Норми витрат повинні бути прогресивними і відображати конструкторські, технологічні, експлуатаційні та організаційні заходи щодо економії матеріалів.

Основними заходами щодо економії матеріалів є:

- покращення конструктивних форм деталей без зменшення їх міцності і надійності;
- застосування в конструкції виробів низьколегованих сталей, економічних профілів металопрокату (кутників, швелерів, таврів, двотаврів, гнутого профілю);
- впровадження у виробництво найбільш досконалих методів отримання заготовок із зменшеними технологічними припусками;
- впровадження раціональних методів розкрою вихідних матеріалів на заготовки, а також безвідходного штампування;
- раціональне використання виробничих відходів;
- вдосконалення методів контролю технологічних процесів, а також розроблення заходів, спрямованих на ліквідацію браку.

Норма витрат металопрокату на виріб складається з чистого (корисного) розходу, тобто кількості металу, що входить своєю масою у виріб, а також відходів і втрат, що обумовлені умовами виробництва.

Відходом називається залишок вихідного матеріалу, що утворюється при виробництві продукції, який не може бути використаним у виробництві.

Ділові відходи – це відходи, що можуть бути використані у власному виробництві при виготовлені менших за розміром деталей основної продукції.

Відходи, які не можуть бути використані у виробництві підлягають переробці.

Втрати – це кількість вихідного матеріалу, який втрачається безповоротно в процесі виготовлення продукції (вигорання, окалина і т.п.).

В автомобілебудуванні застосовують такі основні показники використання матеріалів:

- коефіцієнт використання матеріалу, що характеризує ступінь використання матеріалу у виробництві продукції, який визначається відношенням корисного розходу до норми витрат, встаноленої на виробництво одиниці продукції;
- коефіцієнт розкрою – це показник, що характеризує ступінь використання матеріалів при їх розкрої. Він визначається відношенням маси (об’єму, площі) всіх видів заготовок, що отримані з вихідного матеріалу, до маси (об’єму, площі) використаного матеріалу;
- розхідний коефіцієнт – це показник обернений до коефіцієнта використання.

Основою для розроблення норм витрат є наступна документація:

- конструкторська специфікація, за якою здійснюють вибірку номерів, назв і кількості деталей у виробі;

- креслення деталей, за якими встановлюються розміри і маса деталей, технічні вимоги, назви і характеристики вихідних матеріалів, номера стандартів ГОСТів, ОСТів і ТУ на марки і сортамент металопрокату;
- карти технологічних процесів з вказуванням операцій, що виконуються при обробці, видів обладнання, вихідних розмірів заготовок, величини припусків і відходів матеріалів;
- креслення шаблонів чи розгорток деталей, поковок і штамповок, за якими визначають їх масу;
- акти зважування заготовок і деталей, що мають складну форму;
- стандарти, ГОСТи, ОСТи, нормалі необхідні для визначення розмірів вихідного металопрокату.

Норми витрат сортового металопрокату, труб і гнутих профілів визначаються розрахунковим методом на основі креслення деталі та прогресивного технологічного процесу з врахуванням відходів і втрат металу, які пов'язані з виготовленням (припуски на оброблення, відходи через некратність вихідного матеріалу та ін.).

Припуски на обробку визначаються за спеціальними таблицями в залежності від розмірів і виду обробки.

Велике значення для раціонального використання металу має вибір вихідного металопрокату, який може бути нормальної (немірної) довжини, мірної довжини, кратної довжини, обмеженої довжини (приблизна мірність) в мотках і рулонах.

Для кожної з цих довжин існує методика розрахунків, за результатами яких приймають рішення про постачання.

Норма витрат сортового металу і труб визначається за формулою:

$$N = \frac{m(L_m + 0.55\Delta)}{1000\,n}, \qquad (1.7)$$

де m – маса 1 м прокату, кг, Δ – верхнє відхилення допуску, м; L_m – розмір металопрокату, м; n – кількість заготовок.

Розрахунок норм витрат повинен виконуватись на основі раціонального плану розміщення заготовок на площах, що розкроюються, і карт технологічного розкрою.

Складання технологічних карт розкрою полягає у підборі економічно–обгрунтованих варіантів розміщення заготовок на листі (смузі) і можливості отримання заготовок на наявному обладнанні.

Розкрій листового матеріалу виконують:

- індивідуальним методом, коли лист (смуга) розкроюється на заготовки однойменних деталей одного виробу;
- груповим методом, коли лист (смуга) розкроюється на заготовки різноманітних деталей одного виробу. При такому розкрої необхідно дотримуватись комплектності.

Розрізняють прямолінійний і криволінійний розкрій листового металопрокату.

При прямолінійному розкрої контур заготовок обмежений прямими лініями без впадин. Вирізання заготовок виконується на гільйотинних ножицях, а при значній товщині – кисневим або плазмовим різанням.

При криволінійному розкрої контур обмежений кривими лініями. Заготовки вирізаються на фрезерних верстатах, віброножицях, штампах, при значній товщині листа кисневим або плазмовим різанням.

За економічністю і величиною відходів розкрій поділяється на три види:

- розкрій з відходами – відрізання відбувається по всьому контуру, а перемичка має замкнуту форму;
- маловідходний розкрій, при якому вирізається тільки частина контуру деталі, а у відходи йде перемичка між двома вирізками або бокова перемичка;
- безвідходний розкрій – деталь відокремлюється від смуги без утворення перемичок.

Велике значення при проектуванні розкрою має правильний вибір вихідного листового металопрокату.

Заводи замовляють листи:

- стандартних (складських) розмірів (розміри можуть змінюватися в деяких межах);
- за товщиною і тонажем, без вказування габаритів, які, в свою чергу, обмежені (листи не можуть поставлятися менших габаритів);
- кратних розмірів;
- певних розмірів;
- певних розмірів з числа стандартних або довільних;
- в рулонах, застосування яких дає не менше 3% економії металопрокату.

Для проектування розкрою і розробки карт деталі групують за маркою і товщиною в порядку зростання з вказуванням кількості деталей на виріб, а також за розмірами заготовок і особливостями розкрою.

При розкрої листового і смугового металу на контур листа, що накреслений в масштабі, накладають розгортку деталей (заготовок), що необхідно отримати з цього листа. При груповому розрої спочатку розміщають великі деталі, потім заготовки середніх розмірів, а в вільних проміжках – заготовки менших розмірів з дотриманням кратної комплектності деталей виробу. Якщо комплектний розкрій не вдається на одному листі, його роблять на двох і більше листах.

Норми розраховуються виходячи з суми мас листів, які розкроюються і комплектної кількості деталей (заготовок), які з цих листів отримують.

При розкрої листів на заготовки необхідно передбачати:

- бокові перемички і перемички між деталями в залежності від товщини листа й типу обладнання;
- відрізку кромок листа шириною 5–10 мм для тонких і 20–50 мм для товстих листів;
- припуски на розрізування (газ, плазма);
- максимальну довжину різання і величину відходів на притискання листотримача гільйотинних ножиць.

Для оцінки параметрів економічності різноманітних варіантів розкрою користуються залежністю:

$$f_{заг} = \frac{t_{шт} \cdot b_n}{c}, \tag{1.8}$$

де $f_{заг}$ – площа матеріалу, що витрачається на одну деталь з врахуванням перемичок, м^2; $t_{шт}$ – крок штампування, м; b_n – ширина смуги, м; c – кількість рядів деталей, шт.

Найбільш прийнятим варіантом є той, для якого величина $f_{заг}$ найменша. Норма витрат листового металопрокату визначається за формулою:

$$N = \frac{m_n}{n}, \tag{1.9}$$

де m_n – маса листа з врахуванням допусків на його розміри, кг; n – кількість деталей, що одержується з листа, шт.

На кожну машину (виріб) складають карти подетально–специфікованих норм витрат рядового, якісного і кольорового металопрокату.

Норми витрат металопрокату на машину (виріб) складається на повний комплект деталей з врахуванням запасних частин і інструментів, які додаються до машини згідно конструкторської документації та ТУ.

Комплексна система автоматизації технологічної підготовки виробництва

Автоматизація технологічної підготовки виробництва на підприємстві є важливим кроком до скорочення витрат на випуск нових видів виробів. До сучасної системи автоматизованого технологічного проектування висуваються високі вимоги до універсальності, комплексності, інтегрованості з існуючими на підприємстві базами даних і системами, відносної легкості в адаптації та експлуатації, розповсюдженням методики автоматизованого проектування на різні види виробництв, підтримки технології «клієнт-сервер». У склад системи включать такі окремі підсистеми, які можуть функціонувати як автономно, так і в загальному комплексі:

- система організації та ведення архіву конструкторської і технологічної документації;
- система автоматизованого проектування та оформлення операційних ескізів або будь-яких графічних зображень, які входять у технологічний документ.

Інформаційне забезпечення системи містить базу даних технологічного призначення:

- ілюстрований класифікатор та паспортні дані обладнання, а також його розміщення по цехах та ділянках;
- ілюстрований класифікатор та анкети технологічного оснащення (пристосувань, різального, допоміжного, вимірювального інструменту) (рис. 1.3);

• основні та допоміжні матеріали і види заготовок з зазначенням асортименту (рис. 1.4);

• технологічні операції згідно класифікатора та відповідні їм параметри, сценарії до операцій та прив'язки;

• типові переходи та сценарії до переходів;

• довідкові дані для заповнення параметрів операційної технології;

• нормативно–довідкова інформація, яка представлена у вигляді технологічних таблиць і формул, для автоматизованого розрахунку режимів обробки й визначення норм часу на переходи та операції (у процесі проектування з залученням вбудованої експертної системи);

• бібліотека типових технологічних процесів для різноманітних видів виробництв.

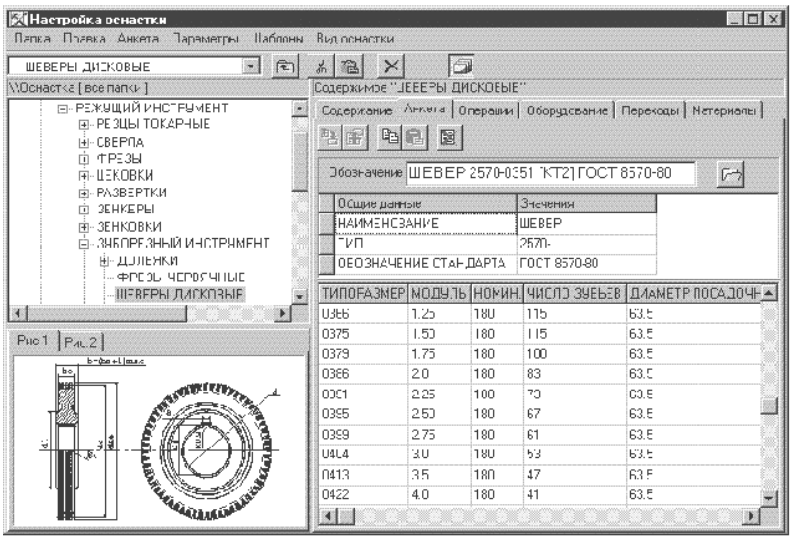


Рисунок 1.3 – Приклад ілюстрованого класифікатора та анкети технологічного оснащення в автоматизованому проектуванні

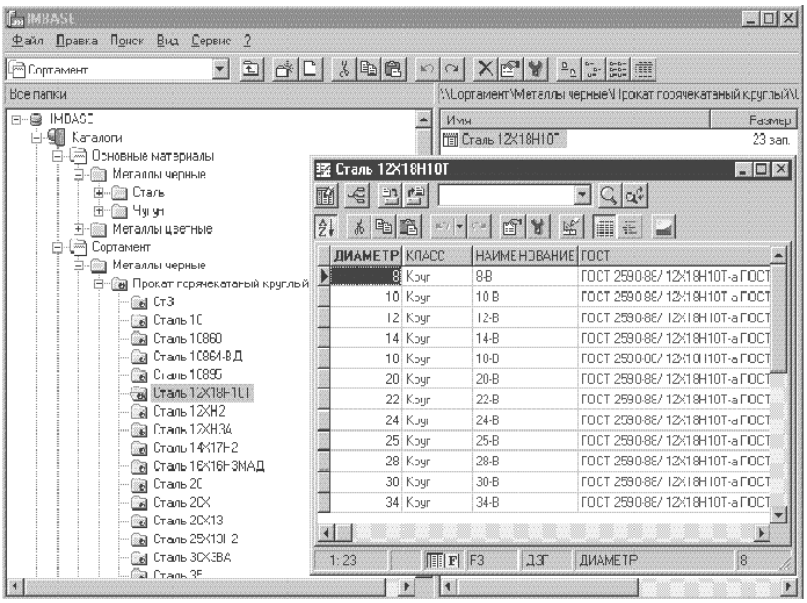


Рисунок 1.4 – Приклад асортименту основних і допоміжних матеріалів та видів заготовок в автоматизованому проектуванні

Система дозволяє створити єдине інтегроване програмне та інформаційне середовище стосовно різни видів виробництва. Передбачена наявність в базі даних єдиних каталогів по матеріалах, операціях, обладнанні та його розміщенні, а також різноманітних каталогів по переходах, оснащенні, типових технологічних процесах та довідниках.

Комплекс забезпечує реалізацію наступних основних задач:

- перегляд конструкторського архіву по складу виробів, ведення та супровід архіву документів (креслень, специфікацій, техпроцесів, текстових документів тощо), організація різноманітних вибірок, складання звітів;
- створення будь-яких нових та редагування наявних в базі даних форм бланків технологічної документації;
- оперативне настроювання виду та складу комплекту технологічних документів на різні типи виробництв (одиничне, серійне, масове та ін.);
- проектування технологічного процесу обробки деталі для різноманітних видів виробництв (механообробка, гальваніка, термообробка, зварювання, консервація, фарбування, лиття, складання, холодне штампування) в діалоговому режимі;
- забезпечення гнучкою підсистемою розрахунків: розрахунки виконуються за сценарієм, що набудовується, з залученням вбудованої експертної системи, яка використовує базу знань (база даних, технологічні таблиці і формули); мова подання знань в базі даних – правила «якщо-тоді»;
- автоматизована побудова та редагування операційних ескізів з забезпеченням передачі параметрів технологічного процесу в графічну систему та отриманням у складі одного бланку (операційної карти) тексту та графічного зображення;
- перегляд та редагування документів, управління оформленням та виводом на друк;
- ілюстрування графічними зображеннями класифікаторів, довідників, сценаріїв, анкет оснащення та паспортів обладнання;
- ведення переліку користувачів, які можуть працювати з системою (вхід у систему за паролем), забезпечення безпеки шляхом призначення користувачам прав доступу на виконання тих або інших дій;
- забезпечення взаємозв’язку з системою ведення архіву конструкторської документації Search для організації та ведення архіву технологічних документів та з системою розробки конструкторської документації CADMECH для проектування і оформлення операційних ескізів та мап налагоджень.

Наприклад, при проектуванні техпроцесу механічної обробки деталі типу «стакан», система надає користувачеві наступні можливості:

- у модулі проектування технологічного процесу (ТП) користувач заповнює загальні відомості про деталь, частина яких передається у архів;
- після занесення загальних відомостей робиться автоматичний розрахунок заготовки, в процесі якого визначаються розміри та маса заготовки, кількість деталей та інші параметри (рис. 1.5);

• далі користувач формує дерево маршруту обробки. У межах кожної операції відбувається автоматичний розрахунок міжопераційних розмірів, призначаються рекомендовані режими різання, тощо;

• паралельно з формуванням маршруту обробки може відбуватися проектування операційних ескізів;

• проектування технологічного процесу обробки деталі: на основі ТП-аналога; з використанням бібліотеки типових фрагментів (фрагмент є набором операцій, переходів та оснащення); застосування типових технологічних процесів (рис. 1.6);

• формування та прийняття автоматизованих проектних рішень на різних етапах проектування ТП, у тому числі використання як вихідних даних для проектування інформації безпосередньо з креслення деталі.

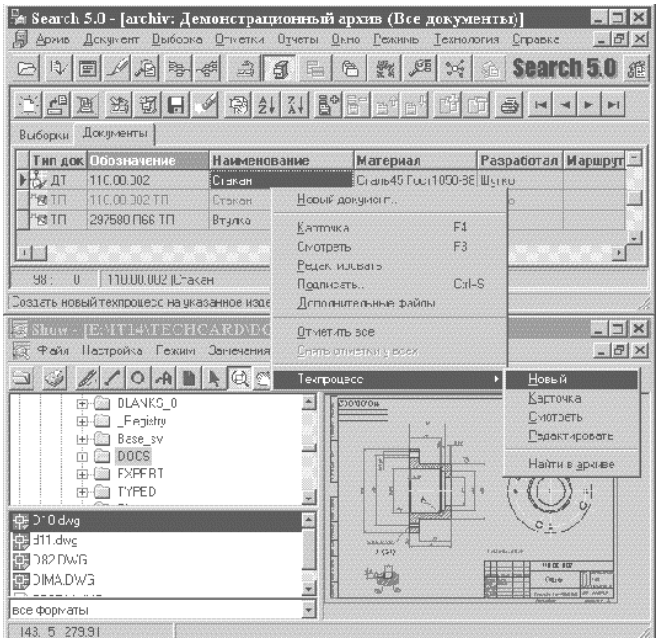


Рисунок 1.5 – Приклад автоматичного розрахунку заготовки

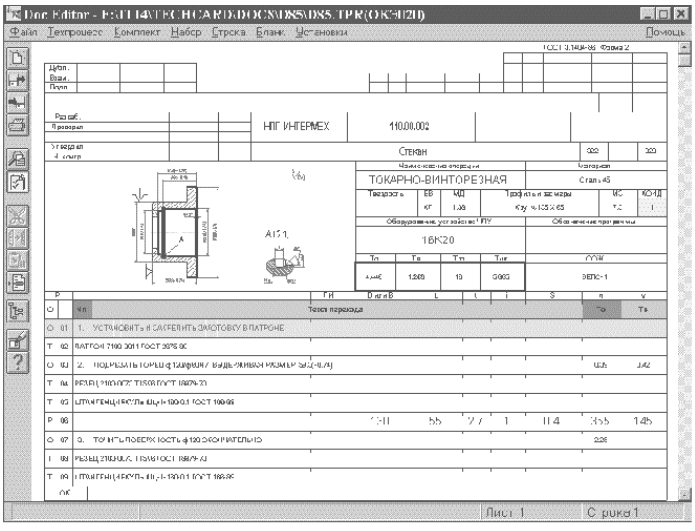


Рисунок 1.6 – Приклад автоматичного проектування технологічного процесу обробки деталі

Після завершення процесу проектування автоматично формується комплект технологічних документів. Вид та склад комплекту документів, а також форма бланків визначається користувачем.

Порядок ведення технологічної підготовки виробництва

Порядок роботи технологічних служб при веденні ТПВ:

1. Бюро (група) розроблення технологічних маршрутів на основі затвердженого розпорядку про підготовку виробництва:

- уточнює намічену на етапі попередньої проробки послідовність роботи цехів–виробників;
- згідно з табелем розподілу технологічної документації затверджує і розсилає наладочну відомість технологічних маршрутів.

2. Бюро (група) розроблення технологічних процесів розробляє регламент налагоджувального комплексного технологічного процесу, що є основним технологічним документом для ведення підготовки виробництва. При розробці технологічного процесу розробник оформляє «Дозвіл» на випуск технологічного процесу, де вказують обсяг робіт щодо оснащення процесу.

3. Технологічні бюро (групи) після затвердження налагодженого комплексного технологічного процесу на основі карт технологічного процесу:

- проводять розрахунок необхідного технологічного обладнання;
- визначають кількість оснащення, що необхідно спроектувати;
- розробляють, узгоджують і затверджують технологічні плани розміщення нового виробництва й складають технічні завдання на розробку документації будівельно-монтажних робіт;
- розробляють технічні завдання на проектування та виготовлення спеціального обладнання й проводять їх узгодження з відповідними конструкторськими бюро (КБ) і заводами;
- розробляють технічні завдання на модернізацію існуючого обладнання;
- приймають участь у відналагодженні технологічного процесу на установчі партії виробу.

Якщо в результаті виготовлення установчої партії виникають зауваження і пропозиції щодо зміни конструкції виробу, технологічні служби повідомляють про це конструкторську службу.

4. Конструкторські підрозділи технологічних служб:

- підбирають наявні або розробляють нові креслення оснащення і спеціального обладнання, яке передбачено регламентами технологічних процесів, з максимально можливим застосуванням стандартного оснащення;
- складають відомості оснащення;
- направляють службі ТПВ звіт разом з кресленням спроектованого оснащення і спеціального обладнання;
- направляють копію розроблених відомостей оснащення технологічному бюро, що видали завдання на проектування в інструментальні служби і відповідні цехи.

5. Бюро (група) обладнання, разом із службою головного механіка, проводиться підбір обладнання із наявного на складах і вільного в цехах підприємств, що відповідає за своїми технологічними показниками вимогам технологічного процесу. Визначає виробників нового обладнання, оформляє через КБ всю технологічну документацію, що пов'язана із замовленням, визначає терміни поставки і здійснює контроль за виготовленням і випробуванням обладнання.

6. Служба матеріальних нормативів розробляє документацію матеріальних норм основного виробництва: відомості подетально-специфікованих, коопераційно-специфікованих і загальних норм витрат матеріалів.

Після закінчення підготовки виробництва уточнює і переоформлює випущену документацію і передає службам матеріально-технічного постачання, зовнішньої кооперації, виробничим цехам затверджену документацію.

7. Служба (бюро) підготовки виробництва:

- планує, контролює та разом із службами підприємства організовує: попередню проробку проектів, розпоряджень, заходів і визначає черговість їх виконання; проводить визначення потужностей проектних підрозділів і цехів, що виготовляють оснащення і спеціальне обладнання; складає планово–звітні документи оперативних даних про хід ТПВ; розробляє оперативні пропозиції щодо регулювання кожного етапу ТПВ з метою безумовного виконання затверджених планів;
- розсилає виконавцям плани і графіки ТПВ;
- після отримання від виконавців креслень розробленого оснащення і спеціального обладнання сповіщає технологічні служби і цехи про готовність креслень, осащення і спеціального обладнання; направляє копію графіка виготовлення оснащення та спеціального обладнання в цехи-виготовлювачі;
- на основі замовлень цехів: уточнює кількість необхідного оснащення й обладнання; направляє інструментальній службі оформлені цехами замовлення на виготовлення оснащення і спеціального обладнання разом з їх кресленням;
- після виготовлення оснащення й обладнання, контролює його своєчасне випробування і відпрацювання технологічного процесу з оформленням відповідної документації.

Виконання робіт супутніх ТПВ:

1. Служба організації праці і заробітної плати в процесі розроблення регламенту технологічного процесу визначає норми часу на виконання його операцій і, у відповідності до розробленого техпроцесу, виконує відповідне планування:

- складає і затверджує налагоджувальні відомості норм часу і розцінок;
- визначає потребу у працівниках відповідних професій і кваліфікації;
- передає затверджені відомості цехам для підрахунку трудових затрат і оплати праці;
- після закінчення підготовки виробництва уточнює і переоформлює налагоджувальну відомість в діючу.

2. Інструментальна служба:

- на основі відомості оснащення встановлює потребу підприємства в стандартному оснащені та забезпечує його придбання;
- визначає виготовлювачів оснащення, моделей і заготовок для нього;
- разом з службою ТПВ на основі затверджених графіків виробництва і замовлень, що надійшли від цехів, складає й затверджує планові завдання на виготовлення оснащення, моделей і заготовок для нього, здійснює доопрацювання оснащення діючого виробництва під нове виробництво;
- видає планові завдання цехам, що виготовляють оснащення і здійснює контроль їх виконання;
- організовує матеріальне постачання інструментального виробництва.

3. Інструментальний цех, у відповідності з плановими завданнями, замовленнями, кресленнями оснащення і обладнання:

- виготовляє оснащення і обладнання;
- випробовує оснащення і обладнання;
- оформляє результати випробувань в «картах випробувань»;
- передає оснащення і обладнання разом з їх кресленнями та картами випробувань цеху замовнику.

Випробування складного оснащення, яке вимагає спеціалізованого обладнання, що є тільки у виробничих цехах, може бути здійснено силами інструментального цеху на обладнанні виробничих цехів після передачі оснащення.

Впровадження оснащення, яке одержується з інших заводів, здійснюється силам виробничих цехів.

4. Служби матеріально-технічного постання і кооперації:

- встановлюють терміни поставки матеріалів і виробів основного виробництва;
- у відповідності з нормами матеріальних нормативів на основне і допоміжне виробництво забезпечують матеріалами і покупними виробами виготовлення установочної партії виробів і першого комплекту оснащення.

5. Служби головного механіка і електрика після отримання технологічних планів і завдань:

- приймають участь у визначенні потреби в обладнанні, необхідному для ремонтного виробництва, і перемонтажі обладнання;
- перевіряють комплектність і технічний стан діючого та нового обладнання;
- узгоджують зміни планованої потужності і споживання енергії;
- перевіряють потреби і забезпечують виробництво всіма видами енергії;
- здійснюють модернізацію, перевірку та ремонт обладнання.

6. Служба капітального будівництва у відповідності з технологічними планами та завданнями забезпечує виконання робіт, щодо придбання й монтажу нового обладнання, проектування, створення і здачі об’єктів капітального будівництва.

7. Служба технічного контролю:

- узгоджує технологічні карти контролю;
- здійснює вхідний, операційний і приймальний контроль при відпрацюванні технологічного процесу;
- оформляє карти випробувань на деталі, складальні одиниці, оснащення і обладнання.

8. Служба виробничого планування:

- організовує виготовлення запасу деталей і складальних одиниць для діючого виробництва на період відпрацювання технологічний процесів і перемонтажу технологічного обладнання для нового виробництва;
- доводить до служб і виробничих цехів виробничу програму виготовлення виробів, запасних частин, ремонтних та експлуатаційних компонентів.

9. Виробничі цехи:

- проробляють креслення спроектованого оснащення;
- разом з інструментальною службою перевіряють наявність раніше спроектованого оснащення;
- оформляють через службу ТПВ замовлення на виготовлення спроектованого оснащення;
- забезпечують інструментальний цех матеріалами, заготовками й обладнанням для виготовлення спеціального оснащення;
- створюють необхідний запас деталей і складальних одиниць, який встановлює служба виробничого планування;
- приймають участь в перепланувaнні розміщення обладнання цеху;
- отримують матеріали, заготовки, покупні вироби, для виготовлення встановленої партії виробів;
- разом з технологічними службами здійснюють відпрацювання технологічного процесу на установочній партії виробів;
- оформляють разом з технологічними службами закінчення відпрацювання технологічного процесу актом впровадження технологічного процесу.

10. Служба економічного планування на основі матеріалів служб, що приймають участь у ТПВ, планує і визначає:

- затрати на ТПВ;
- собівартість виробів і їх зміни;
- техніко-економічні показники запланованого виробництва.

1.6. Технологічна спадковість у машинобудуванні

Усі об’єкти виробництва знаходяться в багатофункціональних зв’язках і взаємодіях з його навколишнім явищем. Необхідною передумовою правильного розуміння явищ повинно служити визнання універсального взаємозв’язку різних явищ. Так як життя любого біологічного об’єкту починається за сотні років до його народження, так і спадковість деталей при їх виготовленні

починаються з властивостей руди, з якої виготовляють деталь, технології виготовлення заготовки та інших складових елементів технологічного ланцюга.

Визначення технологічної спадковості дає проф. А.М. Дальський. Явище переносу властивостей об'єктів від попередніх операцій до наступних називається технологічним устаткуванням, а збереження цих властивостей – технологічною спадковістю.

Вклад у розвиток науки про технологічну спадковість внесли проф. А.М. Дальський, В.М. Кован, П.І. Ящирицин. Італійський математик Вольтерра створив теорію спадкової пружності, яка в майбутньому отримала подальшого розвитку в працях академіка Ю.М. Работнова.

Технологічний процес в механоскладальному виробництві не можна представити без дії сил, їх напрямків і величин. Тому стан, якість деталі в даний момент визначається не тільки останньою операцією, але особливістю всіх попередніх операцій, починаючи з отримання заготовки. Це особливо стосується високоточних деталей. Загальна характеристика цього типу деталей показує, що допуски на їх виготовлення складають декілька мікрометрів. Вивчення явища технологічної спадковості сприяє підвищенню надійності роботи як окремих деталей, так і вузлів в цілому. Крім цього, це дає можливість встановити причини явищ і умови регулювання параметрів технологічних процесів, в ході яких формуються властивості цих деталей. Для точних деталей і вузлів продукції автомобілебудування є важливим збереження та перенос позитивних властивостей матеріалів оброблюваних заготовок, а також зміна цих властивостей в часі.

Технологічна спадковість передбачає взаємозв'язок окремих елементів системи. Під системою розуміємо як технологічний процес, так і сам об'єкт обробки. В останньому випадку систему можуть складати мікроелементи металу, певним чином розміщені на поверхні і в глибинних шарах, геометричні параметри поверхонь, їх розміри, твердість та інше. Сюди відноситься технологічне оснащення, для отримання й обробки заготовок, технологічні процеси та інше. У всіх випадках система представляє собою замкнуте ціле. Тому для опису даної системи можемо використати механіко–математичний апарат. Система, яка розглядається з позиції технологічної спадковості, представляє собою не розкидане сполучення окремих елементів, а є зв'язаною інформаційною системою. Тому немає потреби розглядати окремо взятий, відособлений стан оброблюваного об'єкту. Носієм спадкової інформації є властивості матеріалу високоточної деталі, явища які виникають при механічній обробці й особливо термічна обробка.

Професор А.М. Дальський спадкові властивості в ході технологічного процесу характеризує як детерміновані так і ймовірні. У першому випадку не виникає ніяких невизначеностей в передачі властивостей. Якщо відомий попередній стан системи і спосіб перероблення інформації, то можна передбачити її наступний стан з геометричними факторами. Для ймовірнісної системи не можливо зробити точного і детального передбачення, а лише з невеликою ймовірністю визначити, які будуть спадкові властивості даної

системи. Але визнання того, що дана система є детермінована чи ймовірна не може суттєво впливати на розуміння суті технологічної спадковості.

Розглянуті явища неодмінно зв'язані з станом системи і її змінами в часі. Можна стверджувати, що процесом технологічної спадковості можна управляти, щоби властивості, які позитивно впливають на надійність деталі, зберігати на протязі всього технологічного процесу, а властивості, які впливають негативно – ліквідувати на самому початку цього процесу. Тому не можна однозначно відповісти на питання про те, чи служить технологічна спадковість позитивним чи негативним явищем. На таке питання можна дати чітку відповідь лише стосовно конкретного технологічного процесу.

Перед технологією автомобілебудування, як наукою, стоїть завдання – детального і комплексного аналізу умов виробництва і встановлення кількісної сторони технологічного успадкування. На практиці це означає, що властивості машинобудівельних виробів, які понижують їх якість, повинні бути ліквідовані в першу чергу на заготівельних, іншими словами, на початкових операціях механічного обробки, а властивості, які забезпечують підвищення якості, збережені й розвинуті до кінцевої стадії виробництва – складання.

Розглянемо основні фактори, які впливають на якість обробки деталі від процесів отримання заготовки до складання. Недоліки заготовок, які виникають в металургійному виробництві, носять спадковий характер і, якщо не ліквідовуються відразу, проявляються в майбутньому на наступних операціях. Це – газові раковини, тріщини та інше. Спадковий характер носять і домішки в металі заготовки. За даним проф. А.М. Дальського домішки сірки у металах в більшості випадків є шкідливі, але їх наявність в автоматній сталі приводить до підвищення точності обробки. Деталі виготовлені з прутків автоматної сталі з вмістом сірки 0,16%, мають поле розсіювання розмірів у 5…6 разів більше, ніж деталі із прутків з вмістом сірки 0,2%. Відповідно й поверхні мають більшу і меншу шорсткість.

Особливе значення має питання про спадкову природу старіння матеріалів високоточних деталей машин, які приводять до зміни розмірів і форми відповідальних поверхонь. Встановлено, якщо на попередніх операціях заготовка деформована хоч би й з малою величиною, то в матеріалі виникає система розбалансованості, яка зумовлює процеси повзучості, які проходять уже в готовій деталі.

Друге питання про спадкову природу фізико-механічних і хімічних властивостей металу. Високоточні деталі виготовлені за однаковою технологією з матеріалів одного й того ж хімічного складу, але із заготовок, які отримані різними методами, мають у підсумку різний рівень залишкових напружень. При виготовленні точних деталей з різностінними поверхнями і різними поверхнями між сусідніми формами не повинні виникати залишкові деформації. Завдання визначення спадкових погрішностей для деталей більш складних конфігурацій є досить важким, бо у кожній з ділянок такої деталі необхідно спочатку визначити свою жорсткість вузлів і глибину різання, а потім – жорсткість вузлів у машині. У таких випадках задача зводиться до

накопичення фактичних даних з визначення величини відхилень розмірів поверхонь в технологічному ланцюгу.

Важливий вплив на якість виготовлення високоточних деталей мають залишкові напруження в заготовках в процесі обробки. Правильний вибір за залишковими напруженнями заготовок і обробка їх за оптимальною технологією дозволяє суттєво підвищити надійність і довговічність високоточних деталей. Напружений стан, рівно як і структурні перетворення в матеріалі заготовки, приводить до зміни форми і розмірів. При цьому важливу роль відіграють і ті напруження, які є в заготовці, і ті, які утворюються по мірі проходження технологічного процесу. Вченими встановлено, що чим вищий рівень залишкових напружень у різних поверхневих шарах деталей, чим суттєвіше несиметричне розташування епюр залишкових напружень, тим інтенсивніше деформується деталь.

У зонах матеріалу заготовок існують різні неврівноважені стани. Складення напружень у ході технологічного процесу може привести до посилення цього ефекту і появи пороків навіть у вигляді тріщин, а, особливо у втулок після закінчення процесу шліфування. Зрозуміло, що безпосередньо операції шліфування не можуть привести до виникнення тріщин, але створені при цьому невеликі напруження накладаються з залишковими, що і зумовлює виникнення тріщин, а, відповідно, і браку.

Характеристика виникнення напружень, зона їх розміщення, методи визначення приведені в роботах О.С. Пронникова, Б.І. Костецкого, З.Г. Кулешова, А.М. Дальського та інших. У готових деталях найменший рівень залишкових напружень є в трубних заготовок, найбільший – у поковок. Величини напружень в окремих пристроях доцільно визначати методом фотопружності.

Термічна обробка є найбільш потужнім засобом, який дозволяє успішно керувати спадковими явищами. Підбираючи різні режими нормалізації, відпуску, старіння, можна отримувати різні пружні стани, шорсткість і твердість поверхонь. Найсуттєвішим заходом, який впливає на технологічну спадковість деталей, за визначенням П.І. Ящеріцина, є термообробка. Відхилення фактичної форми заготовок від геометрично правильних поверхонь певним чином передається від одної операції до іншої. Часто вважають, що окремі термічні операції здатні повністю усунути ті напруження, які були отримані раніше. В багатьох випадках це справедливо. В дійсності ж після термообробки напруження в матеріалі деталі можуть залишатися при невеликому значенні. Тому відповісти на питання відбувся чи не відбувся спадкове перенесення напружень, можна в залежності від того, наскільки суттєво впливають залишкові напруження на вихідні параметри деталі. Результати фазових перетворень, які відбуваються при термообробці, повинні враховуватись при подальшому проходженні технологічного процесу.

За даними професора А.М. Дальського встановлено, що в результаті термомеханічної обробки після повторного циклу термічної обробки з короткочасним нагрівом зберігається збільшення твердості до оптимального значення. Доцільно використовувати це явище спадковості для покращення

характеристики міцності металу, напівфабрикати можна піддавати термомеханічній обробці на металургійних заводах. Наступний короткочасний відпуск дозволить обробляти метал різанням, а спадкові високоміцністні показники можуть бути потім відновлені шляхом термічної обробки за спеціальними режимами. Це явище має велику цінність і повинно бути розумно використано на практиці для підвищення міцності і довговічності високоточних деталей машин і технологічного обладнання.

В технологічному ланцюжку точності виготовлення деталей є дві важливі ланки, які суттєво впливають на спадковість: це похибка установчих баз і затискних елементів.

Похибка перша – переноситься на обробляючі поверхні деталі. Так при обробці круглих деталей типу «вал» в центрах у загальному випадку осі центрових отворів не співпадають. При цьому контакт між поверхнею центрового отвору і центра проходить по двох точках, в результаті чого між центром і заготовкою утворюється зазор. За неспівпадання жорстких центрів верстата, на який встановлюється заготовка, похибка взаємного положення отворів і центрів може бути збільшена чи зменшена. Так можна регулювати задану величину зазору. Неспівпадання осей і кутів центрового отвору та центра приводить до проточних контактів і виникнення контактних деформацій під дією радіальних складових сил різання. Вказані похибки в підсумку успадкуються на оброблювану поверхню.

Шляхи зменшення похибок геометричної форми при механічній обробці в центрах детально розглядують в роботі А.М. Дальського. Крім відхилення форми поперечного січення, центрові отвори мають відхилення форми і в повздовжньому січенні. При обробці інших типів деталей є своя специфіка, яка повинна бути врахована при розробленні технологічних процесів з урахуванням особливостей конструктивних технологічних спадковостей. У процесі навантаження радіальною силою відтиск заготовки в січенні центрового отвору не постійний, а змінюється при провороті її в центрах. В умовах контакту центра з виступами на конічній поверхні центрового отвору найбільша величина відтиску відповідає впадині, найменша – виступу, тобто, епюра відтиску повторює форму центрового отвору.

Для зменшення, а в окремих випадках ліквідації ефекту спадковості, в технологічному ланцюжку необхідно забезпечити характеристики точності та якості всіх елементів технологічного ланцюжка – це технологічне обладнання, оснащення, інструменти різальні і вимірювальні та інше. При обробці круглих пустотілих деталей на токарних, шліфувальних і інших верстатах затискні пристрої створюють геометричну круглість деталі. Ці явища створюють характерні спадкові похибки. Раціональний метод заокруглення високоточних кілець пов’язаний з використанням оправок з гофрованими втулками, шнекових затискних пристроїв, які одночасно виконують роль центрувальних елементів. Врахування впливу затискних пристроїв на характер технологічної спадковості дозволяє правильно керувати процесами проектування та виготовлення високоточних деталей.

Дійсну картину виникнення похибки від сил затиску можна прослідкувати коли втулки однакових розмірів затиснути в трикулачковому, цанговому і інших пристроях. Після обробки відхилення від круглості визначаються на кругломірі. У всіх випадках використання технологічного оснащення необхідно враховувати явище технологічної спадковості. Крім того, необхідно мати на увазі, що шкідливі спадкові явища виникають частіш за все при базуванні і закріпленні заготовки.

Поверхневий шар і його якість в найбільшій степені визначає надійність високоточних деталей. Його властивості визначаються особливостями обробки на всіх операціях технологічного процесу. Особливо важливу роль відіграє не тільки оцінка шорсткості, але й точність, твердість і інше. Вона впливає не лише на зносостійкість, а і на контактну жорсткість, енергетичні й експлуатаційні показники. Дослідження властивостей поверхневих шарів може бути проведено на базі системного підходу. Професор А.М. Дальський здійснює оцінку поверхні з більш як 12 показників. Гармонійний аналіз дозволяє дати найбільш чітку оцінку. При розгляді спектрів поверхонь оптимальних після різних технологічних операцій, проведених на певних заготовках, можна відмітити стійке збереження деяких закономірностей. Один із методів гармонійного аналізу базується на використанні кореляційної функції, з допомогою якої проводиться аналіз реальних поверхонь на основі профілограм. Якщо розглянуто систему, включаючи також і фізичні параметри, то число показників, необхідних для повної оцінки поверхневого шару, виростає до 12. Відповідно це говорить про велику складність задачі, яка описує властивості такого шару і явищ технологічної спадковості.

Явища технологічної спадковості особливо проявляються як при технології складання вузлів так і в умовах експлуатації. Похибки складених вузлів, які виникають з різних причин, можуть стійко зберігатися або змінюватись, але в цих двох випадках складальні похибки мають спадковий характер. Якщо складання вузлів проводиться з деталей, які мають визначені похибки, то вони переносяться на зібраний вузол. Коли проводиться складання з деталей, які мають мінімальні похибки, то зібраний вузол також буде характеризуватися окремими своїми, в окремих випадках і великими похибками. Це пояснюється деформаціями, не якісним складанням і інше. Втрати точності при складанні є закономірні. Однак одні та інші похибки стійко зберігаються в процесі експлуатації і в значній мірі визначають надійність високоточного вузла.

Перший значний момент визначення технологічної спадковості є процес складання. На цій стадії можна зробити аналіз тих операцій, пристосувань, обладнання й інструментів, на яких явище технологічної спадковості слабо або зовсім не враховано. Тому в основі проектування технологічних процесів виготовлення деталей машин лежить принцип поєднання технологічних і економічних принципів. Однак забезпечення технологічних принципів у високоточному виробництві повинно передбачати виконання всіх величин робочого креслення і технологічних умов на виготовлення деталі. Важливим моментом повинно бути врахування явища технологічної спадковості, що

безпосередньо пов’язано з надійністю виготовлених деталей. Разом з тим, ліквідація в ході технологічного процесу негативних і розвиток позитивних властивостей об’єктів виробництва повинно проводитись з врахуванням економічних принципів проектування. Основною складністю такої роботи є пошук у проектованих процесах тих операцій, переходів, заходів, на яких виникає така властивість і наукове прогнозування на майбутнє. Аналіз економічної ефективності підвищення надійності і довговічності машин повинен передбачити економію, яка виникає при їх виробництві на заводі виготовлювачі, а також економію при експлуатації.

Для збереження якісних експлуатаційних характеристик високоточних механізмів необхідно з врахуванням технологічної спадковості, умов і результатів експлуатації забезпечити якісне прогнозування та планування форм і методів їх проектування та виготовлення. Важливо на всіх етапах технологічного процесу регулювати й оцінювати ті факти, які в процесі експлуатації здатні знижувати показники надійності.

Прогнозування технологічної спадковості – це процес, який вимагає окремого вирішення. За допомогою аналізу на базі явищ технологічної спадковості можна визначити причини, які викликали ті чи інші відхилення вихідних параметрів високоточних виробів. Це кількісні та якісні показники, які змінюються в часі та просторі. У цьому плані особливу цікавість мають питання зміни точності форми, розмірів, температури, взаємне і точне розміщення поверхонь, а також фізико–механічні властивості – міцність, пружність, шорсткість та інше. Першочергове значення мають параметри геометричного характеру. На основі прогнозу можна передбачити вихід за границі допустимих характеристик важливих параметрів на протязі певних кроків їх експлуатації і необхідність прийняття відповідних застережних мір. Робота по прогнозуванню виходить за межі забезпечення необхідних вихідних параметрів виробів при експлуатації. Це співвідношення має вигляд:

$$\frac{S_{екс}}{N}(1-d)=\frac{S_{екс}(1+ав)}{N(1+C)},\ \text{або}\ \ d=\frac{C-ab}{1+C}, \tag{1.10}$$

де $S_{екс}$ – сума експлуатаційних витрат на весь термін експлуатації машини; N – обсяг продукції чи роботи, що виконаний машиною при початковому рівні її довговічності і надійності; a – коефіцієнт $a=\frac{K_0}{S_{екс}}$; K_0 – відпускна заводська ціна машини з врахуванням транспортних витрат; b – степінь збільшення ціни машини після модернізації; c – степінь підвищення продуктивності машини; d – степінь зниження собівартості одиниці продукції при використанні модернізованої машини.

Дана залежність дає можливість встановити доцільність проведення затрат на підвищення надійності і довговічності машин.

Явища технології спадковості є досить складні і з ними боротися дуже важко. Легше зменшити або звести до мінімуму ті похибки і негативні явища, які виникають в технологічних ланцюгах. До таких рекомендацій слід віднести: правильний вибір марки матеріалу з відповідними фізико-механічними властивостями з врахуванням призначення деталі і технологічних умов її виготовлення; механічну обробку заготовок здійснювати без внутрішніх і зовнішніх дефектів (напруження, припуски, форма, твердість і інше); точність технологічного обладнання, пристроїв, різальних і вимірювальних інструментів і транспортних засобів; якість виконання технологічних процесів з дотримання режимів обробки і технічних вимог, кваліфікація робітників, наявність лабораторного обладнання для визначення всіх компонентів технологічних процесів, механічних, фізичних і хімічного складу металу, випробувальних стендів.

У машинобудуванні при виготовленні деталей необхідно сповідувати принципи запобігання появи негативних наслідків (наприклад, хворобі легше запобігти, ніж її вилікувати). Аналогічно необхідно ставитися до проблем при виготовленні деталей – наперед прогнозувати цілий ряд заходів, щоб величина похибок на кожній з операцій не накопичувалося, а якщо навіть так, то в мінімальних розмірах.

Таким чином можна зробити висновок, що для точного машинобудування дуже важливо зберегти і перенести позитивні властивості матеріалів оброблюваних заготовок, а також зміну цих властивостей в часі. Крім цього, на якість деталей також впливають кількісні параметри технологічної спадковості, це такі параметри, як: конструктивні форми заготовок і деталей, похибки форми і просторових відхилень заготовок, їх фізико-хімічних властивостей, поверхневого шару, похибки встановлюючих баз, пристроїв, обладнання, технологічних процесів механічної обробки, термообробки і складання. Ці та інші фактори необхідно враховувати при проектуванні і проведенні технологічних процесів з метою забезпечення високої якості виготовлення деталей високоточних механізмів.

Контрольні запитання до розділу

1. Охарактеризуйте автомобілебудівну промисловість України.
2. Що таке тип виробництва?
3. Які є типи виробництва?
4. У чому суть одиночного виробництва?
5. У чому суть серійного виробництва?
6. У чому суть масового виробництва?
7. У чому полягає суть виробничого процесу?
8. Що є сукупністю основних процесів?
9. Які стадії відносяться до сукупності основних процесів?
10. Що таке допоміжні процеси?
11. Що таке обслуговуючі процеси?
12. Що таке технологічна операція?
13. Що таке технологічний процес?
14. У чому суть послідовної концентрації технологічного процесу?
15. У чому суть рівнобіжної концентрації технологічного процесу?
16. Що передбачає принцип диференціації?
17. Що називають диференційованим технологічним процесом?
18. Поясніть основні принципи організації виробничих процесів.
19. Які є різновиди роботи безперервним потоком?
20. У чому суть технологічної підготовки виробництва?
21. Як здійснюється нормування витрат матеріальних ресурсів?
22. У чому суть норми витрат матеріалу?
23. Як досягається забезпечення технологічності конструкції виробу?
24. Розкрийте суть показників технологічності конструкції виробу.
25. Які основні правила вибору технологічного обладнання?
26. Як реалізується комплексна система автоматизації технологічної підготовки виробництва?
27. Розкрийте суть технологічної спадковості у машинобудуванні.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК

2.1. Види заготовок деталей автомобілів

В автомобілебудуванні найпоширенішими стали заготовки наступних видів:

1) заготовки отримані обрізанням з сортового прокату з вуглецевої і легованої сталі (гарячекатаної і каліброваної) у вигляді двотаврів, кутників, безшовних та зварних труб, дроту, каліброваних циліндричних, квадратних та інших профілів;

2) виливки з чавуну і сталі;

3) зварні заготовки у виді деталей і конструкцій;

4) штамповані і ковані заготовки зі сталі, виконані в гарячому стані;

5) холодноштамповані заготовки з листової сталі і заготовки, отримані методом холодного висаджування;

6) заготовки з пластмас, гуми і кольорових металів.

Вибір виду заготовок залежить від конструкції деталей, їхньої форми, призначення, робочих напружень і умов работи спряжених деталей в складеній машині.

2.2. Заготовки з прокату

В автомобілебудуванні для виготовлення деталей широко застосовується прокат з вуглецевої і легованої сталі (гарячекатаної і каліброваної). З металопрокату виготовляються колісні ободи і спиці, важелі, тяги, рами, каркаси й інші деталі. Заготовки холоднотягнуті калібровані зі сталі застосовуються для виготовлення валів і осей, а також для виготовлення деталей на автоматах.

Виправлення прокату

Пруткові та сортові профільні матеріали зазвичай потребують попередього правлення перед обробкою. В умовах масового і великосерійного виробництва правлення круглого пруткового матеріалу здійснюється на правильних верстатах, схема роботи яких приведена на рис. 2.1. У верстаті є три пари правильних роликів, закріплених в обертовому барабані. Осі роликів нахилені, за рахунок чого здійснюється поздовжня подача матеріалу. Правильний верстат забезпечує точність правлення в межах 0,5–0,9 мм на 1 м довжину прутка. Для одночасного виправлення і калібрування прутків застосовують правильно–калібрувальні верстати, що забезпечують правлення з точністю 0,1–0,2 мм на 1 м довжини прутка і калібрування діаметром в межах 0,05–0,3 мм. Верстати є високопродуктивними, на один прохід затрачається 0,5–0,7 хв. на 1 м довжини прутка. Кути нахилу роликів встановлюються в залежності від діаметра прутка і коливаються в межах 14–20°.

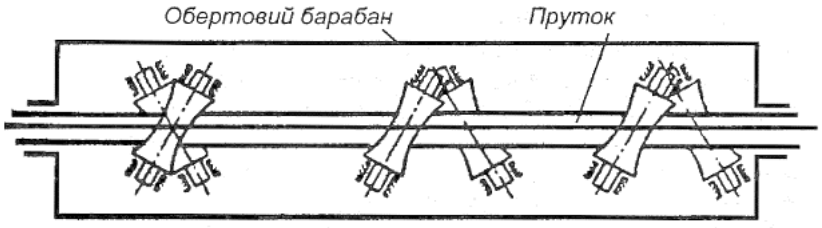


Рисунок 2.1 − Схема верстата для правлення та калібрування пруткового матеріалу

Гарячекатані листи, що надходять з металургійних заводів, за технічними умовами можуть мати хвилястість до 10 мм на 1 м довжини листа. Виправлення листового прокату призначається з метою усунення в листах і стрічках хвилястості, випуклості та відхилень від правильної форми в профільному прокаті. В залежності від товщини, виправленню піддають від 10% до 100% листового і смугового прокату і 15–20% профільного, причому відсоток виправлення зростає зі зменшенням товщини металу. Тому заготовки з листової, а також смугової та стрічкової сталі, піддаються правленню на листоправильних верстатах. Лист пропускають між трьома роликами (рис. 2.2), з яких два нижніх 1 є опорними, а верхній 2 – притискним і за рахунок переміщення останнього здійснюється правлення листа. Ролики 3 служать для підтримування листа, що виправляється. Чим тонші листи, тим важче вони піддаються правленню. Правлення тонких листів краще проводити на багатоваликових правильних верстатах, що мають 5, 7, 9, 11 і більше роликів-валків.

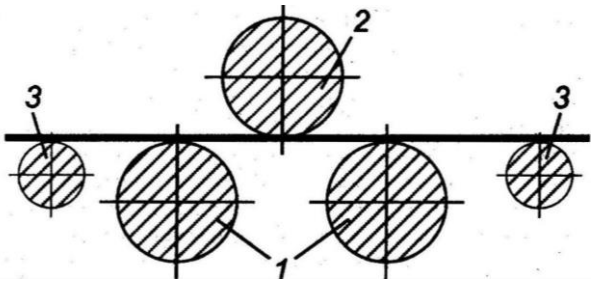


Рисунок 2.2 − Схема правлення листа на трьохроликовому правильному верстаті

Листи правлять переважно в холодному стані шляхом місцевого пластичної деформації. Припустима величина залишкового відносного видовження при холодному виправленні для сталі Ст. 3 повинна складати не більш 1%. Для виправлення листового прокату використовують листоправильні багатовалкові машини з 5–13 валками. Кількість валків і їхній діаметр залежать від товщини листів, що виправляються. Листи товщиною 5–40 мм, зазвичай, правлять на семивалкових вальцях багаторазовим пропущенням листів між двома рядами валків, причому валки одного ряду розміщені в шаховому порядку відносно валків іншого ряду (рис. 2.3). Робоча швидкість виправлення на листоправильних машинах залежить від товщини і ширини аркушів і приблизно

складає 6–13 м/хв. Якість виправлення листів перевіряють за допомогою лінійки. Хвилястість допускається не більше 2 мм на 1000 мм, а стріла прогину не більше 1 мм; для смуг стріла прогину не більш 3–5 мм на 1000 мм.

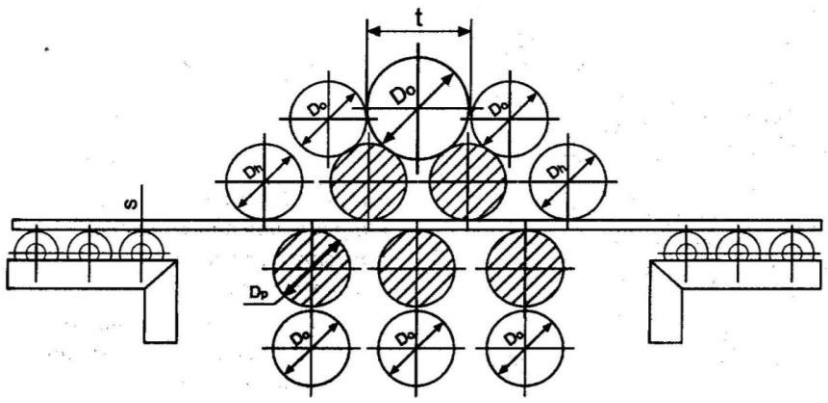


Рисунок 2.3 − Схема листоправильних вальців:
D_p − діаметр робочих валків; $D_н$ − діаметр направляючих валків;
D_o − діаметр опорних валків; t − крок між робочими валками

Можливе виправлення аркушів і на трьохвалкових вальцях за два пропуски з поворотом листа на 180° перед другим пропуском. Аналогічно правлять і на чотиривалкових вальцях, але за один пропуск. Листи товщиною більш 40–50 мм звичайно правлять на гідравлічних пресах. Дрібні листові заготовки, як правило, правлять на фрикційних або ексцентрикових колодкових пресах, але можливе виправлення і на листоправильних машинах з розкладкою заготовок на підкладний лист. На деяких заводах поєднують виправлення і різання листа, застосовуючи при цьому листоправильні машини з двома парами дискових ножиць. Таке поєднання операцій дозволяє одержувати строгу паралельність країв із забезпеченням точності розмірів до 1 мм.

З метою скорочення допоміжного часу, полегшення умов праці і підвищення культури виробництва листоправильні машини обладнують приводними, подаючими і відводячими рольгангами і портальними маніпуляторами для складання листів. Маніпулятор за допомогою траверси зі змонтованими на ній вакуумними присосами або магнітними плитами вкладає листи (заготовки) на рольганг, знімає їх після виправлення й складає на складській площадці. Застосування даних агрегатів дозволяє значно збільшити продуктивність.

При серійному використанні прокату, у ряді випадків, поєднують виправлення з повною обробкою листів, виправлення, очищення, фосфатування і поздовжнє їх різання. Профільний прокат (кутники, швелери, двотаври й ін.) також піддається правленню на правних верстатах; при цьому профілі роликів повинні відповідати профілю прокату, який підлягає вирівнюванню.

Виправлення профільного прокату виконують на вальцях для гнуття або пресах, а іноді і вручну на чавунних або сталевих плитах. Двотаври, швелери, рейки й інший прокат правлять на правильно-гнучких пресах кулачкового типу

(рис. 2.4). Принцип виправлення базується на вигині заготовки, розташованої на двох опорах з прикладанням посередині зосередженої сили. Рухомі опори преса дозволяють отримати різний ступінь залишкової деформації.

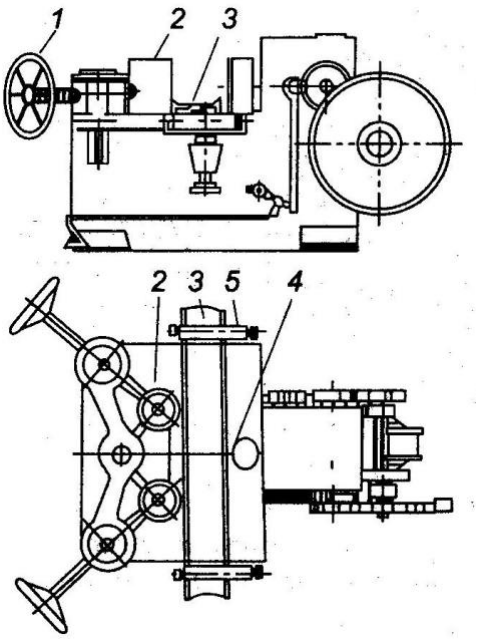
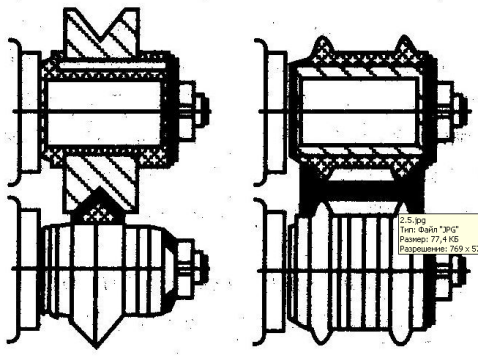


Рисунок 2.4 − Схема виправлення профільного прокату на правильно-гнучкому пресі: 1 − штурвали; 2 − регульовані опори; 3 − профільний прокат; 4 − штовхач; 5 − ролики

Для виправлення кутників, швелерів та іншого прокату також застосовують спеціальні сортоправильні багатороликові машини, що мають від п'яти до дев'яти змінних правильних роликів. Виправлення в роликах аналогічні виправленню у валках, тобто здійснюється за допомогою багаторазових перегинів профільного прокату між двома рядами роликів, встановлених у шахматному порядку. Різниця полягає в тому, що замість подовжених циліндричних правильних валків використовують правильні ролики з фасонними робочими канавками, що відповідають профілю підлягаючому виправленню прокату (рис. 2.5,а). Правильні ролики у відкритих машинах мають консольне розташування і виконуються змінними одноканавковими. З метою скорочення кількості змінних комплектів роликів їх виконують збірними, що складаються з набору дисків і втулок. Одна з конструкцій правильних роликів, що набираються з декількох деталей, і приклади їхньої установки для деяких профілів показані на рис. 2.5,б.



а) *б)*

Рисунок 2.5 − Конструкція правильних роликів для профільного прокату

Листи зі сплавів алюмінію товщиною до 5 мм рекомендується правити на 11–17-валкових листоправильних машинах, а товщиною понад 5 мм – на семивалкових. При недостатній чистоті поверхні правильних валків виправлення листа ведуть між двома технологічними аркушами з метою запобігання від ушкоджень поверхні листа, що виправляється. Валки перед виправленням аркушів з алюмінієвих сплавів необхідно ретельно обдувати повітрям. Виправлення випучин виконується на дерев'яних столах або чавунних плитах дерев'яними киянками чи молотками з твердої гуми.

Розмітка і позначення

Заготовки з листового і профільного прокату розмічають на стелажах або плитах. Це операція трудомістка і вимагає високої кваліфікації робітників. Існує розмітка площинна (на аркушах і профілях) і просторова (при складанні). Розмітник на підставі карти розкрою, використовуючи вимірювальний і розмічувальний інструмент (сталеву рулетку, лінійку, олівець, циркуль, кернер, молоток і ін.), розмічає лист, а потім накернює риски для їхнього збереження і далі маркірує і комплектує заготовки. Розмітку, в основному, застосовують в одиничному і дрібносерійному виробництвах, попередньо покривши поверхню, яку розмічають, мідним купоросом.

У серійному виробництві і при повторюваному виготовленні виробів в одиничному виробництві застосовують позначку за допомогою шаблонів. Усі необхідні розміри переносять на заготовку за допомогою розміточних голок. Шаблони на листі при профільному прокаті закріплюють за допомогою струбцин.

Просторову розмітку безпосередньо застосовують у складальних цехах при розмітці зібраних вузлів, що надалі піддаються механічній обробці. У ході цих робіт розмітник, крім перерахованих інструментів, використовує пйон і сталеву струну.

У серійному і масовому виробництві застосовують найбільш точний і високопродуктивний метод фотооптичної розмітки (рис. 2.6). Цей метод відрізняється невеликою трудомісткістю, економічно ефективний і не вимагає кваліфікованої робочої сили.

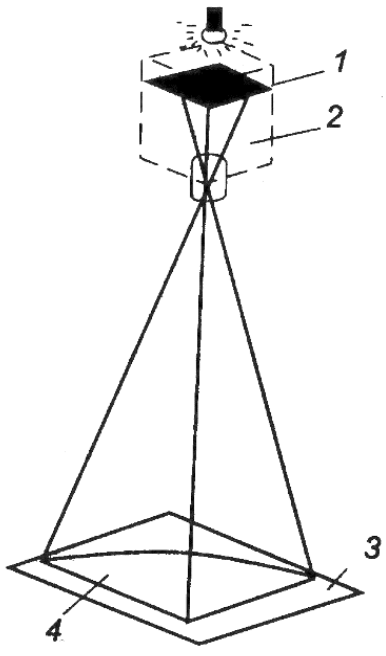


Рисунок 2.6 – Фотооптичний метод розмітки листового металу

Використовуючи цей метод виготовляють креслення-копір у масштабі 1:10 і фотографують на пластинки. Пластинки-негативи 1 встановлюють у кабіну проекційної апаратури 2 над розмічальним столом, де розташований лист 3 для розмітки. На цьому листі в натуральну величину проектується світлове зображення негатива, обкреслене тонкими білими лініями 4. По світлових лініях накернюють усі лінії й оцінки звичайним способом. Нанесення ліній на поверхні аркушів з алюмінієвих сплавів дозволяється тільки графітовим олівцем, тому що риски, нанесені розмічальною голкою по лінії згинів, спричиняють руйнування плакованої поверхні аркушів, що приводить до концентрації напруг і можливого руйнування металоконструкції в цих місцях. Розмічальні голки можна застосовувати лише по лініях подальшого різання.

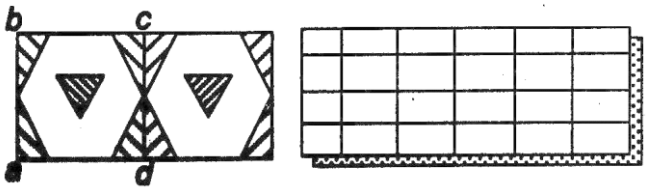
Розкрій металу

Розкроєм металу називають спосіб розташування заготовок на листі, смузі й ін. Значну частину складають заготовки, що мають форму прямокутника або близьку до нього. Однак існує безліч фасонних заготовок, зовнішній контур яких утворений від перетинання як прямих, так і кривих ліній. При отриманні заготовок з листового і профільного прокату неминуче виникають відходи металу, об'єм яких залежить від методу розкрою. Показником, що характеризує розкрій, є коефіцієнт використання металу $K_{вм}$, який розраховується за формулою:

$$K_{вм} = 100 \cdot NF / BL, \qquad (2.1)$$

де N – число заготовок, одержуваних з листа; F – площа заготовок; B, L – відповідно ширина і довжина листа.

Розрізняють технологічні відходи та відходи розкрою. До технологічних відходів відноситься метал, що втрачається під час оплавлення при газовому різанні, при нерівностях різання різними ножицями, у виді стружки при вирізці заготовок на металорізальних верстатах та ін. Під відходами розуміють таку частину металу, що у прийнятому варіанті розкрою залишається невикористаною. Відходи розкрою утвоюються в результаті відходів форми заготовок і відходів некратності. Під відходами форми заготовок розуміють невикористану частину металу, розташовану між зовнішніми контурами однієї або декількох заготовок і прямокутником, що охоплює габаритні розміри цих заготовок, наприклад, на рис. 2.7,а заштриховані ділянки, укладені між прямокутником abcd, і контуром заготовок. Під відходами некратності розуміють такі відходи, що виникають при використанні листів, довжина і ширина яких виявляються нерівними сумі розмірів заготовок, розташовуваних уздовж короткої і довгої сторін листа, наприклад, заштриховані ділянки на рис. 2.7,б.



а) *б)*

Рисунок 2.7 − Відходи при розкрої листа

У виробництві різної серійності з метою максимального використання матеріалу при отриманні заготовок необхідно прагнути відшукати найвигідніший варіант розкрою прокату і, при цьому, кращого використання відходів. При розкрої листа потрібно враховувати технологічні методи, застосовувані для поділу листа на заготовки, тому що від них залежить обраний варіант розкрою. Газове різання і різання на дискових і вібраційних ножицях допускають будь-яке розташування заготовок на листі. При гільотинному різанні заготовки варто розташовувати так, щоб забезпечити можливість наскрізних прямолінійних розрізів уздовж або поперек листа, або прямолінійні розрізи під кутом. При одиничному та серійному випуску виробів з їх широкою номенклатурністю найбільш раціональним є комбінований розкрій листа для різних деталей. Якщо контури заготовок різної форми вписуються в

мінімальний прямокутник або трапецію, необхідно використовувати метод кращого заповнення короткої сторони листа, метод розмірної послідовності та правила сполучення і зрушення. Метод кращого заповнення короткої сторони листа, що дозволяє зменшити некратні відходи, полягає в наступному. Спочатку знаходимо таке кількісне сполучення двох габаритних розмірів заготовок, при якому щонайкраще можна заповнити коротку сторону листа, а потім знайденою комбінацією розташування заготовок заповнюємо значну частину довжини листа. Для частини листа, що залишилася, застосовують той же принцип. Краще заповнення короткої сторони листа продиктоване тим, що смужка некратності, розташована уздовж листа, має більшу довжину, ніж розташована поперек листа, і тому економія на її ширині дає більший виграш на площі відходів. Метод розмірної послідовності полягає в тому, що заготовки розміщають на листі в послідовності від більш великих до дрібних.

Карти розкрою складає спеціальна технологічна група. Отримавши від цехів відомість необхідних заготовок на кожний планований місяць із вказаним номером замовлення і креслень деталей, профілю і марки матеріалу, норми витрати, технологи групують на кресленнях деталі, виготовлені з листового прокату, по марках сталі і товщині заготовок. Потім, керуючись марками сталі, габаритами листів і «ділових» відходів, що є на складі, приступають до складання карт розкрою. На основі наближених розрахунків визначають загальне необхідне число листів металу і на папері викреслюють у зручному масштабі габаритні розміри всіх цих листів. У цьому ж масштабі з картону або паперу вирізують шаблони заготовок, що підлягають розкрою. Шаблони накладають на креслення листа металу і шляхом можливих переміщень шаблонів домагаються раціонального використання листа.

По закінченні розкрою виписують комплектувальну відомість, по якій на складі підбирають метал і разом з картами розкрою подають його в цех для вирізування заготовок. Карта розкрою є робочим кресленням для робітника. У тих випадках, коли для виготовлення заготовок потрібно тільки частина листа, залишок його («діловий» відхід) повертається на склад металу з відповідною оцінкою в книзі обліку складу.

Даний вид розкрою називається оперативним, оскільки розкрій виконується по металу, який є у наявності. Існує перспективний розкрій, що застосовують для серійної і повторюваної продукції приблизно за півроку до її випуску з метою замовлення мірного листа.

При виготовленні заготовок із профільного прокату карт розкрою не складають. У цьому випадку швелери, балки, кутники та інше видаються цехам у метрах довжини по відомостях замовлення з урахуванням припусків на різання. Залишки прокату після різання маркують і залишають на складі для використання на чергові замовлення. Для кращого використання профільного прокату варто з них виготовляти заготовки централізовано і з попереднім підбором їх по марках, профілю і перетину так, щоб вихідний матеріал був кратний розмірам заготовок. Для раціонального розкрою листа на ряді заводів великосерійного виробництва персональні комп’ютери (ПК) або обчислювальну техніку.

Різання металу

Різання металу є однією з найбільш трудомістких і складних операцій. Воно може бути як заготівельною, так і остаточною операцією, не потребуючи подальшої механічної обробки. У залежності від типу виробництва, виду і розмірів заготовок, профілю прокату і конфігурації лінії різання застосовують той або інший метод. Найбільш розповсюдженими методами різання металу при виготовленні елементів металоконструкцій на заводах автомобілебудування є механічне та газове різання. Також в останні роки широкого розповсюдження набула технологія плазмового різання, лазерне різання листового металу та труб, а також починає поширюватись різання металу за допомогою ультразвуку.

Механічне різання виконують на ножицях: гільйотинних, дискових, вібраційних і прес-ножицях (рис. 2.8).

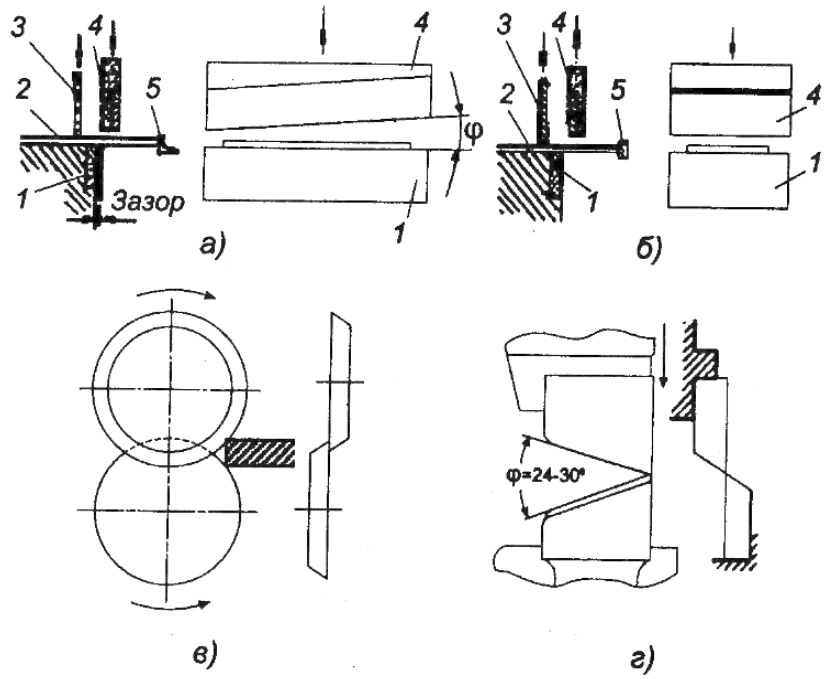


Рисунок 2.8 − Схеми різання металу на ножицях:
а) гільйотинних; б) прес-ножицях; в) дискових; г) вібраційних

Різання ножицями грунтується на поділі металу 2 по лінії різання під тиском верхнього рухливого ножа 4 і нижнього нерухомого 1. Виключення складають дискові ножиці, у яких нижній ніж або обидва ножі є ведучими. Унаслідок великих пластичних деформацій у місці різання на крайках з'являється наклеп, досягаючи іноді 4–6 мм. Припустимий зазор між ножами: для гильйотинних і прес-ножиць 0,2–1,2 мм; дискових – (0,1–0,2) S; вібраційних – 0,05–0,3 мм. При збільшенні зазору чистота різання погіршується і з'являються загини кромки і заусениці. Гільйотинні і прес–ножиці мають притискні пристрої 3 (механічні, пневматичні і гідравлічні). Ножиці забезпечуються упорами 5, які служать для більш точного виготовлення заготовок, зручності та безпечної роботи.

Гільйотинні ножиці (рис. 2.8,а) служать для подовжнього і поперечного різання листів товщиною до 40 мм і для обрізування фасок під зварювання. Гільйотинні ножиці допускають максимальну довжину різання до 3200 мм, вони дають чистий зріз, заготовка менше деформуються, аніж при різанні на прес-ножицях, і вони є більш продуктивні в порівнянні з прес-ножицями. Для обслуговування гільйотинних ножиць іноді встановлюють портальні маніпулятори, оснащені магнітними траверсами, і спеціальні візки з пристроєм, що штовхає лист для подачі під ножі. При великій програмі різання на ножицях використовують механізоване збирання заготовок і відходів. Точність різання на гільйотинних і дискових ножицях відповідає 12–14-му квалітету.

Для вибору ножиць зусилля P розраховують за формулами:

– для прес-ножиць з паралельно розташованими ножами: $P = LS\sigma_в$;

– для гільйотинних ножиць: $P = 0{,}55S^2\sigma_в/tg\varphi$;

– для дискових ножиць: $P = 0{,}4S\ \sigma_в/\ tg\ \alpha$,

де L – довжина різання, мм; S – товщина металу, мм; φ – кут створу гільйотинних ножиць, град (φ=2–6°); α – кут захоплення дискових ножиць, град ($\alpha = 8–20°$); m – кількість пар дискових ножів; $\sigma_в$ – межа міцності металу при розтягуванні, Па.

Прес-ножиці (рис. 2.8,б) ріжуть листи як у поперечному, так і в поздовжньому напрямках при довжині різання 500–750 мм і товщині металу 13–32 мм. Після різання заготовки сильно деформуються з утворенням вм'ятини до 0,2 товщини листа, що розрізається. Заготовки вимагають обов'язкового виправлення, і необхідно також враховувати величину вм'ятини при наступній обробці. Прес-ножиці застосовують також і для різання профільного прокату, ножі в них мають форму, що відповідає профілю прокату і ріжуть профільний прокат по розмітці або по упорі. Широке застосування знайшли прес-ножиці комбіновані моделі Н635А, призначені для різання листового і профільного прокату й пробивання в них отворів. Ці ножиці ріжуть круглий прокат (до 65 мм), квадратний (до 55 мм), кутовий розміром до 150х150х18 мм під кутом різання 45°, 67,5° і 90°, двотаври і швелери.

Дискові ножиці (рис. 2.8,в) з прямо поставленими ножами застосовують для різання листа на смуги і по колу. Ножиці з одним нахиленим ножем служать для вирізання фасонних заготовок, а ножиці з двома нахиленими ножами застосовують для різання по колу та фасонному контуру, а також для вирізування отворів, зрізання фасок і вирізування заготовок складних криволінійних контурів. За одне настроювання довжина різання на дискових ножицях досягає 15 м, швидкість різання коливається від 0,05 до 1,5 м/с. Розміри дисків призначають у наступних межах: діаметр $(40–125)S$, товщина 15–30 мм. Перекриття одного диска іншим при роботі приймають $(0{,}5–0{,}8)S$, де S – товщина листа, що розрізається. Трудомісткість різання на цих ножицях менша, ніж на гільйотинних. Дискові ножиці, в основному, служать для подовжнього різання листів і застосовують їх, як правило, у сполученні з гільйотинними. Заготовки, вирізані дисковими ножицями, вимагають виправлення. Для більш високопродуктивного вирізування смуг із листа використовують спеціальні багатодискові ножиці.

Вібраційні ножиці (рис. 2.8,г) застосовують для прямолінійного і фігурного різання листового металу. Нижній ніж у вібраційних ножицях нерухомий, а верхній щільно прилягає до нижнього ножа і здійснює від 1200 до 2000 коливань в хвилину. Їх також застосовують для вирубки внутрішніх і зовнішніх контурів при установці пуансона і матриці.

Розрізування пруткових матеріалів усіх профілів на заготовки і деталі може здійснюватися механічними ножицями, дисковими, стрічковими і фрикційними дисковими пилками, на відрізних верстатах різцями, абразивними кругами, анодно-механічним різанням, автогеном і рубанням на пресах у спеціальних штампах. Найбільш продуктивним є останній метод, що дозволяє розрізати прутки різних профілів без відходів. Розрізування прутків при цьому методі може проводитися в спеціальних штампах.

Винятково широке застосування при виготовленні елементів і деталей різної конфігурації для металоконструкцій має **газове різання**, яке полягає в інтенсивному згорянні металу, що розрізається у струмені кисню, зосередженого на вузькій ділянці, та видаленні рідких шлаків. Газове різання дозволяє різати заготовки в остаточний розмір або з залишенням припуску під механічну обробку.

Сталеві аркуші товщиною до 4 мм доцільніше різати в ножицях, тому що при кисневому різанні тонких листів відбувається оплавлення країв. В даний час застосовують кілька способів різання металу: ацетиленокисневий, кисневоелектричний, кисневий з використанням різних природних газів і згоряючих рідин (пропан, бутан, гас і ін.), киснево-флюсовий, газоелектричний і ін. Кисневоелектричне різання, яке виконують вугільним або стальним електродом, в основному застосовують для короткого різання сталі товщиною до 60 мм і в монтажних умовах. Вартість такого різання трохи нижча ніж ацетилено-кисневого, швидкість різання складає 6–7 мм/с. Для різання застосовують спеціальні різаки та різні природні гази, що дозволяє значно заощаджувати дорогий і дефіцитний ацетилен. Швидкість різання природними газами приблизно на 15–20% нижче швидкості ацетиленокисневого різання. Робота з цими газами вимагає наявності гарної витяжної вентиляції на робочих місцях.

З метою поліпшення якості різання, зниження короблення і збільшення продуктивності процесу широко застосовують пакетне різання сталі товщиною від 1,5 мм і вище. Сутність цього різання полягає в тому, що окремі листи складаються пакетом (стопою), стискуються струбциною або пневмозатискачем до вибору зазорів між ними і прихоплюються зварюванням на торцях. Загальна товщина пакета повинна відповідати 50–96 мм у залежності від товщини листів. Отриманий пакет листів обрізується по будь-якому профілю внутрішнього або зовнішнього контуру по копіру за допомогою газорізальної машини. При цьому збільшується точність форми деталей і знижується витрата газу особливо при виготовленні діафрагм та інших деталей.

Киснево-флюсове різання полягає в тому, що в струмінь кисню, що ріже, неперервно вводять порошкоподібний флюс, який, згоряючи в кисні, на поверхні різання виділяє велику кількість тепла. Цього тепла досить для розплавлювання тугоплавкої плівки окислів і переводу їх у шлаки. Процес різання протікає з нормальною швидкістю, а поверхня різання виходить гладкою і чистою. Прийоми різання ті ж, що і при різанні звичайних сталей. В якості флюсу використовують залізний порошок з розмірами зерен 0,1–0,2 мм, у який, в залежності від металу, що розрізається, додають у різних пропорціях той або інший компонент: ферофосфор, алюмінієвий порошок, технічну буру, металургійну окалину, кварцовий пісок і ін. Для киснево–флюсового різання застосовують установки: ПФР–1, УФР–2, УФР–4, УРХС–3, УРХС–4 із зовнішньою подачею флюсу. Останнім часом застосовують газоелектричне різання вольфрамовим електродом плазмовою дугою в різних виконаннях для різання більшості чорних і кольорових металів. Цим способом можна обробляти кромки під зварювання, вирізувати дефектні ділянки, дефекти виливок та ін.

Газове різання здійснюють на газорізальних машинах і вручну. Газокисневе різання використовується для різання низько- і середньолегованих сталей. Воно характеризується рівною вертикальною поверхнею зрізу і можливістю різу в кінцевий розмір без подальшої обробки. Машинне різання дозволяє одержувати точність різання в межах 0,3–0,5 мм і більш високу чистоту різання, має більшу продуктивність і економічність у порівнянні з ручним різанням. Газорізальні машини бувають стаціонарні та пересувні і поділяються по розмірах оброблюваних аркушів і числу працюючих різаків. До пересувних і переносних машин для кисневого різання сталі відносяться прилади ПП–1, ПГ1–2, ПС–2 й інші, відповідно з одним, двома і трьома різаками. Пересування приладів здійснюється по рейковому шляху або безпосередньо по поверхні листа зі швидкістю 80–1500 мм/хв.

Лазерне різання на сьогодні є однією з передових технологій розкрою листового металу, яка широко застосовується в автомобілебудуванні. Різання лазером на даний час є самим технологічно прогресивним і передовим способом розкрою листового матеріалу. Сфокусований лазерний промінь у цій технології здатний передавати велику кількість енергії в локальну область обробки і нагрівати її до досить високих температур, що дозволяє проводити розкрій з підвищеною продуктивністю і точністю (рис. 2.9). Сучасні портальні комплекси лазерного різання дозволяють повністю зняти обмеження з геометрії деталі, що виготовляється, а програмне забезпечення дає можливість швидко перенастроювати верстат на виконання наступного завдання. Використання цієї технології гарантує високу продуктивність і точність. Різання металу лазером застосовують практично для будь-яких видів металу. За допомогою цієї технології існує можливість покрою величезного спектру різноманітних чорних та кольорових металів, а саме сталей, нержавійки, оцинкованого листа, алюмінію, дюралюмінію, латуні, міді, бронзи тощо. Наприклад, використання сучасного швейцарського обладнання компанії «Bystronic» для розкрою листового металу дозволяє вирізати деталі найрізноманітнішої форми з

точністю до 0,1 мм. Цим обладнанням забезпечується: різання легованої сталі (нержавіюча сталь) завтовшки 0,5 – 12 мм; різання конструкційної сталі (чорна сталь) завтовшки 0,5 – 16 мм; різання оцинкованої сталі товщиною 0,5 – 3 мм; різання алюмінію завтовшки 0,5 – 12 мм; різання латуні товщиною 0,5 – 6 мм; різання міді товщиною 0,5 – 6 мм.

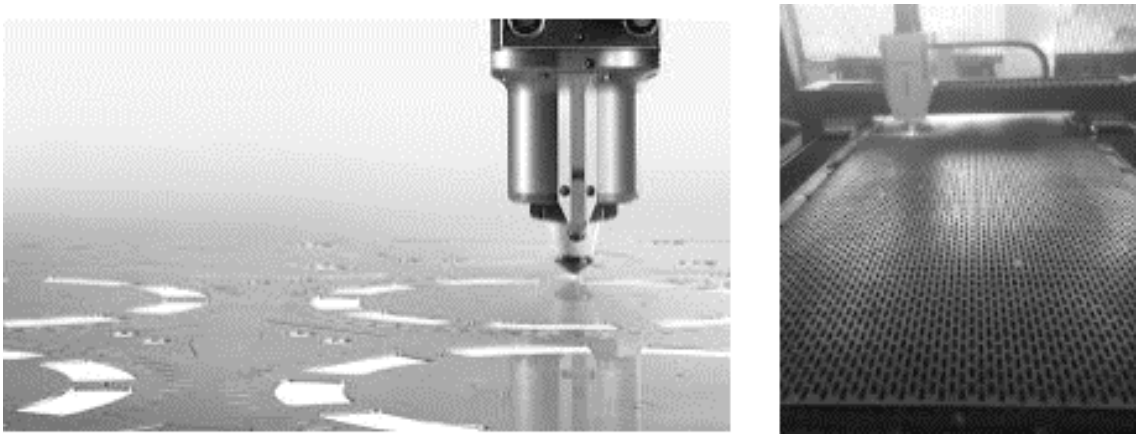


Рисунок 2.9 − Приклади розкрою листа за допомогою лазерного різання

Найбільш доцільне застосування лазерної технології, коли стоїть завдання зробити деталь складної конфігурації, коли необхідно домогтися ідеальної відповідності кресленню. На відміну від обробки плазмою, лазерна технологія має більш широкі можливості. Так, крім здійснення різання, її використовують для нанесення розмітки, маркування і т.п.

Технологія плазмового різання в сучасному виробництві ідеально підходить для обробки будь-яких металів, включаючи тугоплавких, і їх сплавів. Якщо потрібно виготовити з металу деталі товщиною більше 6 мм, більше переваг у **плазмового різання**. Листи товщиною від 20 до 40 мм рідко обробляються за допомогою лазерного променя, а якщо лист товщий за 40 мм, то обробка лазером не застосовується – це не ефективно. Якість деталей, які виготовляються з тонкого листового металу методом лазерного різання є відмінною, оскільки акцент робиться на максимальну точність обробки.

Плазмове різання – це процес розрізання електропровідних матеріалів за допомогою струменя гарячої плазми. Зазвичай за допомогою плазмового різання розрізають сталь (в тому числі і нержавіючу), алюміній, мідь і латунь, хоча і інші електропровідні метали можна розрізати за допомогою плазмового різання. Різальним інструментом апарату плазмового розкрою є струмінь плазми. Процес різання проводиться так. В результаті впливу високочастотного імпульсу (або створення короткого замикання) між електродом з одного боку і соплом або металу, що розрізає з іншого боку, виникає електрична дуга. Вона підпалює потік стисненого газу, що видувається під тиском через сопло. Розігрітий до тисячі градусів газ перетворюється в плазму. Спрямований потік плазми, швидкість якого може досягати 1,5 тис. метрів у секунду, плавить метал точно по лінії розрізу й одночасно здуває розплавлені частинки. Для

різання чорних металів в якості плазмоутворюючого газу може застосовуватися повітря або кисень, для кольорових металів і сплавів – водень, азот, аргон.

Перевагами плазмового різака з ЧПК є те, що воно дає можливість виконувати фігурний крій і виготовляти складні металеві елементи. Для вдосконалення технологічного процесу і зниження собівартості продукції використовують апарати з числовим програмним управлінням. Автоматизація процесу обробки скорочує час виконання роботи, дозволяє домагатися виняткової точності і якості розрізу. Комп'ютерна програма задає схему розрізу і забезпечує переміщення робочого інструмента по лінії розкрою, а також здійснює постійний контроль за діями обладнання. Хід роботи відбивається на панелі оператора, який у разі потреби може вносити невеликі зміни в програму. Система ЧПК дозволяє домагатися абсолютної повторюваності деталей незалежно від хитромудрості контуру. Плюсами використання плазморіза з ЧПК є: швидкодія; отримання рівного розрізування без окалини, що не вимагає додаткового шліфування; відсутність деформації деталі завдяки високій швидкості різання і фокусуванні плазмового струменя; нескладне перестроювання на виконання інших технологічних операцій; можливість працювати з різними металами. За допомогою такого обладнання можна різати алюміній, мідь, титан, бронзу, чавун, будь-які види стали – нержавіючу, інструментальну, конструкційну, високолеговану, а також композиційні біметали. Швидкість плазмового різання металу в 10 разів вища від швидкості механічного різання металу, у 8 разів вище гідроабразивного різання металу, у 6 разів вище газового різання металу і в 4 рази вище лазерного різання металу.

Різання металу за допомогою ультразвуку. За допомогою ультразвуку магнітострикційним вібратором можна просвердлити отвір будь-якої форми. На сьогодні ультразвукове долото цілком замінює фрезерний верстат. При цьому таке долото набагато простіше за фрезерний верстат і обробляти з його допомогою металеві деталі можна значно ефективніше та швидше, ніж при використанні фрезерного верстата. На ультразвуковому верстаті різьблення можна робити у вже загартованому металі і в найтвердіших сплавах. Проте використання цієї технології в автомобілебудуванні не є поширене.

Різання труб на штампах

Трубчасті заготовки широко використовуються в автомобілебудуванні. На рис. 2.10 зображена конструкція штампа для порізки труб на мірні заготовки. Конструкція пуансона 9 в процесі різання зображена на рис. 2.10,б і рис. 2.10,в. Він має гостроконечну форму, яка описується з двох сторін радіусами R, з утворенням гострого кінця. Різальнийий контур пуансона для такого різання визначають графо-аналітичним методом.

Робота штампа здійснюється наступним чином. У відкритому положенні штампа рухома частина матриці 10 під дією пружини відводить її вліво по стрілці, а пуансон 9 піднімається вверх. Це дозволяє вільно встановити трубу 11 в нижню половину матриці 10 і на підставку, яка на кресленні не показана. При русі верхньої плити 5 штампа 3 пуансоном 9 вниз, клин 2 заходить у противіджим 3 і рухома матриця 10 притискає трубу 11 до нерухомої матриці, а

в цей момент пуансон 9 гострим кінцем проколює отвір труби. При подальшому опусканні пуансона вирізана частина відходу скручується (рис. 2.10,б) і прилягає до стінки. На ділянці Н (рис. 2.10,в) труба розрізається пуансоном, при цьому утворюється нерівний зріз із задирами. Відрізаний подвійний відхід відвертається з зовнішньої сторони труби. При подальшому опусканні пуансона проколюється нижня сторона труби, і при цьому відбувається її кінцева відрізання по усьому діаметру.

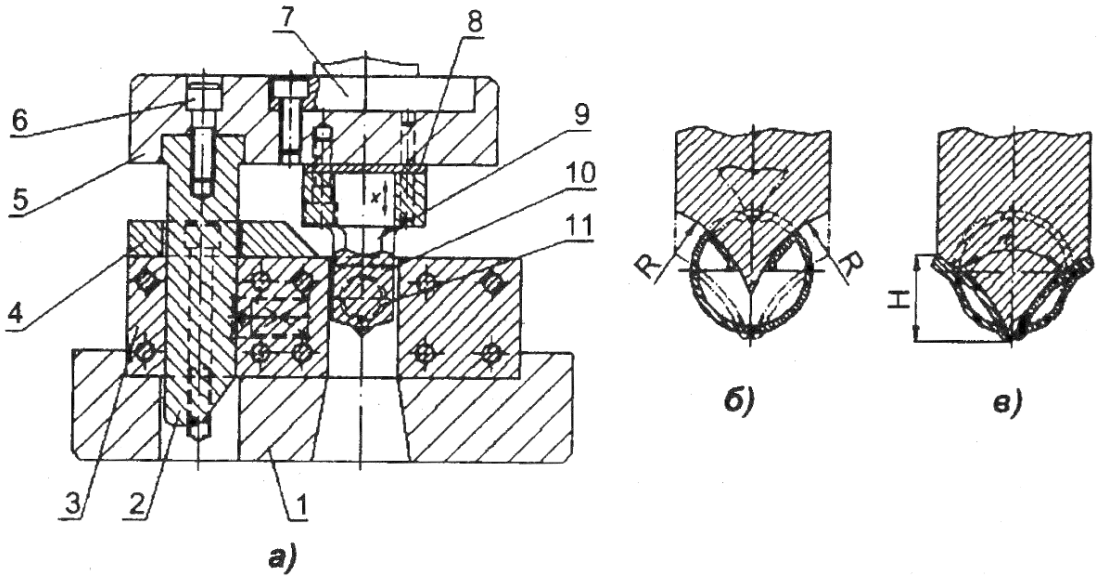


Рисунок 2.10 – Штамп для різання труби з утворенням відходів:
а) конструкція штампа, де: 1– нижня плита штампа; 2 – клин; 3 – противіджим;
4 – направляюча; 5 – верхня плита штампа; 6 – болти; 7 – хвостовик;
8 – підставка; 9 – пуансон; 10 – рухома матриця; 11 – труба; б) початок різання;
в) кінець різання (α=90°)

Гнуття заготовок із прокату

Для гнуття заготовок деталей із прокату необхідне створення місцевих пластичних деформацій при напруженнях, що не перевищують границі текучості. Залишкове відносне подовження, що допускається при холодному гнутті заготовок, наприклад зі сталі Ст. 3, повинне складати не більш 2%. Заготовки з прокату згинають у холодному або гарячому стані. Для збереження пластичних властивостей металу гнуття по кривій (вальцювання) у холодному стані для низьколегованих сталей допускається при відношенні радіуса згину до товщини металу, рівному 25 мм. При меншому відношенні вальцювання варто проводити в гарячому стані.

Гнуті профілі з листового прокату значно економніші прокату, і їх широко застосовують у зварних конструкціях. Гнуття листових деталей виконують на кромкозгинних верстатах і пресах. Згинальні преси більш продуктивні і дозволяють за одну операцію гнути заготовку довжиною 5–6 м при товщині листа більше 12 мм. Застосування згинальних пресів доцільне в умовах виготовлення різноманітної номенклатури з використанням змінних штампів.

Гнуття профільного прокату виконують на універсальних роликових машинах і правильно-згинальних пресах. Робочим інструментом є ролики, що мають фасонну канавку відповідно до профілю і розмірів поперечного січення заготовок. Ролики є змінними, а в машинах середніх і великих розмірів – збірної конструкції.

Профільні заготовки можна згинати у виді кілець і дугоподібних елементів, а також по спіралі та перемінній кривизні. В основному гнуття виконують у холодному стані, і тільки при згинанні великих профілів застосовують місцеве індукційне нагрівання струмами високої частоти (СВЧ).

В універсальних машинах для великих заготовок згинальні ролики розташовуються за симетричною схемою, що вимагає попереднього підгинання кінців заготовок на пресі в штампі. При крупносерійному виробництві кільцевих заготовок доцільно робити підгнуття кінців після гнуття, використовуючи для цієї мети штампи з клиновим механізмом. Цей штамп дозволяє при згині кінців розташовувати зігнуту кільцеву заготовку в горизонтальному положенні. В універсальних машинах малого розміру ролики розміщають за асиметричною схемою (рис. 2.11). Перевага таких машин полягає в тому, що в процесі гнучкий довгий задній кінець заготовок не піднімається з рольганга.

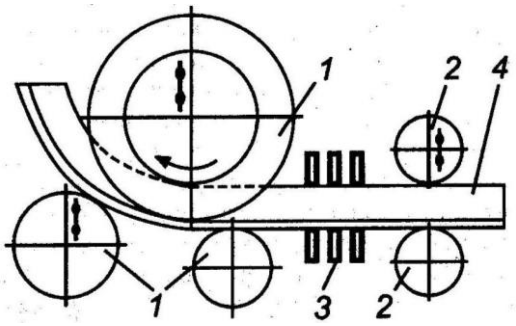


Рисунок 2.11 − Схема розташування роликів в асиметричній роликовій машині: 1, 2 – згинальні і напрямні ролики; 3 – індуктор; 4 – кутник

Для гнуття профільного прокату застосовується й інший вид машин з похиленим розташуванням роликів. Робочі ролики мають конічну форму і є універсальними, а з метою зменшення побічних деформацій вони мають напрямні ролики (рис. 2.12). Холодне гнуття швелерів, двотаврів та іншого прокату можливе також і на горизонтальному правильно–згинальному пресі кулачкового типу.

При холодному гнутті сталевих труб найменший радіус гнуття по осі труби приймається не менше *3D*, де *D* – діаметр труби. В індивідуальному і дрібносерійному виробництві труби гнуть вручну або на трубозгинальних верстатах. Успішно застосовують для гнуття труб діаметром до 550 мм і товщиною стінки до 25 мм і найменшим радіусом вигину *1,5D* трубозгинальні машини з місцевим індукційним нагріванням СВЧ. Схема такої конструкції показана на рис. 2.13. Гнуття здійснюють між п’ятьма роликами, з яких ролики 1, 2, 5 є згинальними, а 3 і 4 – напрямними. Труби подають штовхачем або кліщами. Нагрівання труби відбувається безупинно в процесі гнуття шляхом переміщення її крізь кільцевий індуктор 6. Останній сполучений з охолоджувальним пристроєм, тому після проходження ділянки труби через індуктор вона відразу ж охолоджується водою. Таким чином, нагрітою до температури 800°–1200°С є вузька ділянка труби, на яку і припадають

деформації згину. Сусідні холодні ділянки труби, що мають значно більшу міцність, підтримують ділянку, що деформується, завдяки чому не порушується форма труби.

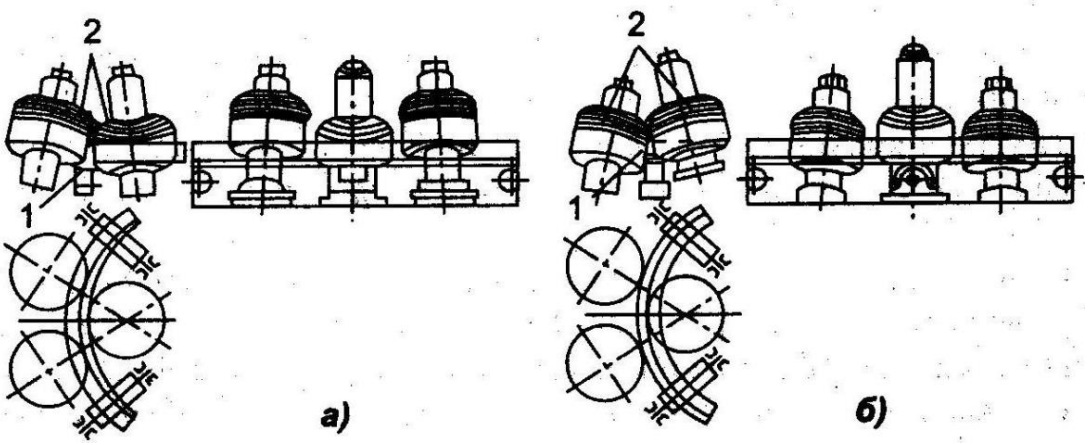


Рисунок 2.12 − Згинальні ролики для машин з нахилено розміщеними роликами: а) гнуття кутника полицею назовні; б) гнуття кутника полицею всередину; 1 – кутник; 2 – згинальні конічні ролики

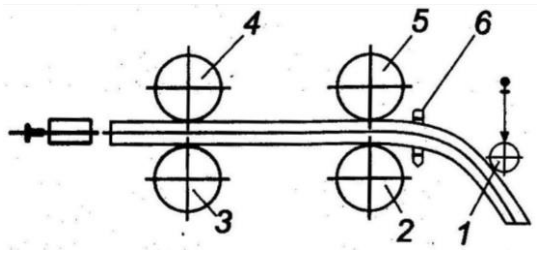


Рисунок 2.13 − Принципова схема трубозгинальної машини

Зусилля гнуття при виборі преса визначають за наступними формулами:

– вільне гнуття прокату:

$$P = \frac{Bs^2}{l}\sigma_в n \approx Bs\sigma_в k; \qquad (2.2)$$

– гнуття листового прокату з притисканням:

$$P = 2Bs\sigma_в k_1 + Pnp \approx 2{,}5Bs\sigma_в k_1; \qquad (2.3)$$

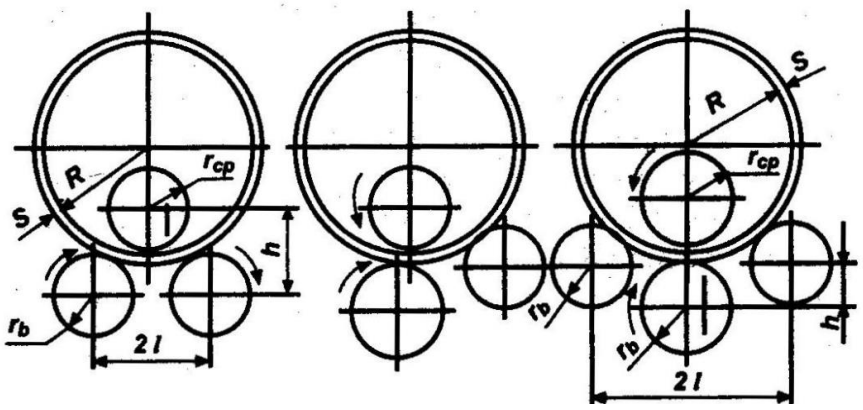
– кутове гнуття листового прокату з калібруванням:

$$P \approx pF, \qquad (2.4)$$

де $P_{пр}$ – зусилля притиску, Н; B – ширина заготовок, мм; s – товщина заготовок, мм; l – відстань між опорами преса, мм; n – коефіцієнт, що характеризує вплив зміцнення, n = 1,6–1,8; p – тиск калібрування, Па; при $s \le 10$ мм p = 60...80 Мпа; F – площа заготовки, що калібрується (під пуансоном), мм²; k_1 – коефіцієнт, що залежить від відношення l/s, k_1 = 0,07–0,2.

Гнуття циліндричних обичайок виконується на три- і чотиривалкових вальцях з різним взаємним розташуванням валків і способом регулювання.

Широко розповсюдженими є симетричні трьохвалкові вальця горизонтального типу, що характеризуються симетричним розташуванням бічних приводних валків відносно середнього, який переміщається по висоті, завдяки чому заготовка згинається на початковій ділянці (рис. 2.14,а).



а) *б)* *в)*

Рисунок 2.14 − Схема положення валків у листозгинальних машинах

Переміщення середнього валка в залежності від радіуса кривизни *R* орієнтовно можна визначити за формулою:

$$h = \sqrt{(R + s + r_б) - l^2} - (R - r_{ср}). \quad (2.5)$$

У холодному стані вальцюють листи товщиною до 50 мм. При згині на трьохвалкових вальцях кромки листа в місці стику залишаються прямими шириною 150–200 мм, у чотирьохвалкових вальцях від *s* до *2s* у залежності від довжини кромки, що загинається, де *s* – товщина листа. Для підгинання кінців заготовок безпосередньо на листозгинальних вальцях використовують трьохвалкові асиметричні і чотирьохвалкові вальця. В асиметричних трьохвалкових вальцях передній бічний валок розташований з малим зсувом уперед стосовно середнього валка і початковий вигин заготовок виробляється переміщенням під кутом до вертикалі заднього валка (рис. 2.14,б). Це дає можливість зігнути кінець листа майже цілком, тому що відстань, на яку може бути підведена задня кромка заготовки до середнього валка, незначна. Однак через великі зусилля на валках асиметричні листозгинальні вальця випускаються тільки малого і середнього розмірів для гнуття заготовок товщиною до 30 мм і шириною до 4–5 м.

Для гнуття товстих листів застосовують вальця чотирьохвалкові (рис. 2.14,е). Тут бічні валки розставлені ширше і під середнім валком розташовано додатковий нижній валок. Регулюється по висоті положення бічних валків, що переміщаються похило до вертикалі. Переміщення валків визначається за формулою:

$$h = r_н + R_1 - \sqrt{(r_н + R_1) - l^2}, \quad (2.6)$$

де $R_1 = R + s$.

2.3. Литі заготовки

В автомобілебудуванні, як загалом і у машинобудуванні використовується лиття таких видів: в землю; в особливі форми, в кокіль, відцентрове лиття, під тиском, лиття по виплавлюваних моделях. Одним із основних вимог до заготовок для деталей машин є максимальне наближення їх форми і розмірів до конфігурації готової деталі. Це дозволяє або взагалі уникнути механічного оброблення заготовок, або мати мінімальні припуски на зняття стружки. Найбільш прогресивними в цьому відношенні є такі методи, як лиття під тиском і по виплавлюваних моделях, в оболонкові форми, відцентрове лиття.

Вибір матеріалу виливків конструктор робить виходячи з призначення деталей, умов їхньої роботи, конфігурації та інших факторів. Розробляючи креслення литої деталі конструктору варто враховувати основні ливарні властивості металу, з якого вона буде виготовлятися, як, наприклад, рідкотекучість, умови кристалізації, ліквацію, тенденцію до усадки й інші. Тільки при цих умовах він зможе створити технологічну конструкцію.

Рідкотекучістю розплавленого металу називається його здатність заповнювати форму і набувати в ній чіткі обриси граней і відбитків поверхонь. Рідкотекучість кожного металу сильно залежить від температури його нагрівання вище температури плавлення. Від цього залежить здатність металу до заповнення у формі стінок і ребер малої товщини. Властивість рідкотекучості чавуну значно вище ніж у вуглецевої, низьковуглецевої сталі і ковкого чавуну.

Крім того, заповнення форми металом залежить від теплоємності і теплопровідності форми, тому при литті в металічні форми (кокілі) важче отримати стінки малої товщини в литої деталі, ніж при виливанні в звичайну піщану форму. При використанні відцентрового лиття і лиття під тиском удається легше отримати тонкі стінки і чіткі контури деталей.

При виливанні в металеві форми рідкотекучість металів на 20–35% менша ніж при виливанні в піщану форму. При заливанні металу в сиру форму його рідкотекучість зменшується на 10–20%, у порівнянні з заливанням у суху форму. Мінімальну товщину стінок виливки варто вибирати в залежності від застосовуваного металу і довжини стінки: для сталевих виливків при довжині стінки до 250 мм її товщина повинна бути не менш 7 мм, для чавунних – при довжині стінки до 600 мм – не менша 5 мм. З ростом довжини виливки мінімальна товщина стінки повинна збільшуватися.

Різні місцеві перешкоди рухові металу створювані, у формі, сповільнюють заповнення її металом. При цьому при конструюванні литих деталей необхідно, по можливості, додавати їм форму з мінімальною кількістю далеко виступаючих частин.

При охолодженні металів у рідкому або твердому стані відбувається зміна розмірів відлитих деталей – їхня усадка. Розрізняють усадку лінійну й об’ємну. **Усадка** визначається як відношення різниці між початковим і кінцевим розмірами виливка до їхньої скінченної величини і виражається у відсотках.

Величина лінійної усадки в товстих і тонких січеннях однієї і тієї ж виливки різна. При заливанні металу в металеву форму (кокіль) усадка виходить більша, ніж при заливанні в піщану форму.

Різна швидкість фазових перетворень у товстих і тонких перетинах виливка і різниця в часі розвитку лінійної усадки в цих перетинах приводять до розвитку у виливках **внутрішніх напружень**. При остиганні виливка тонкі перетини остигають раніше ніж товсті, що в цей час мають більш високу температуру і змінюють свої початкові розміри в меншій мірі. Опір усадці, що випробовує у цей час тонкі січення, рівнозначний їх розтягуванню. При подальшому остиганні деталі в товстих перетинах буде продовжуватися усадка, і в них виникнуть пружні розтягування, а в тонких стінках – пружний стиск. Ці **внутрішні напруження називаються залишковими термічними напруженнями**. **Якщо напруга розтягування перевищить межу міцності металу, то у виливках виникають тріщини або відбувається короблення виливків.**

Короблення в більшій мірі відбивається у довгих деталях з нерівномірно розташованою масою металу в різних площинах по перетині деталі. У матеріалах з більшою усадкою (сталь) короблення деталей позначається в більшій мері. Для попередження короблення виливка необхідне симетричне розташування маси металу у виливку щодо її осей симетрії. Короблення також може бути зменшене шляхом введення в конструкцію деталі елементів, що легко деформуються – хвилеподібних стінок замість прямих, вікон з розміщенням їхньої більшої осі поперек розтягуючих зусиль та ін. Короблення деталей також може виникати при утрудненій усадці металу: наприклад, між ребрами або фланцями деталі, усадці перешкоджає формувальна земля. При довгих деталях це може привести навіть до утворення тріщин, тому що метал при високій температурі має знижену опірність впливу зовнішніх сил.

Вимоги технологічності литих заготовок і деталей залежить від способу лиття і застосовуваного металу. Однак основні вимоги, пропоновані до конструкції литих деталей, є загальними для всіх способів отримання виливків. Такими вимогами є: 1) раціональний вибір площини рознімання моделей; 2) правильний вибір товщин і сполучення стінок, а також місць скупчення металу; 3) забезпечення безперешкодного витягування моделі з форми; 4) врахування впливу формувальних ухилів на перекручування геометричної форми деталі; 5) правильний вибір допусків на чорнові розміри і чистоту необроблюваних поверхонь у залежності від способу отримання виливка; 6) раціональний вибір базових поверхонь виливки та їхня відповідність базам механічного обробки.

Дефекти литих заготовок

Основними видами ливарного браку є газові, усадочні, земляні і шлакові раковини, гарячі і холодні тріщини, короблення виливків, корольки, спай і недолив, перекоси, затоки, ужимини, загальна невідповідність розмірів виливка робочим кресленням, невідповідність якості металу й ін.

Газові раковини утворюються при виділенні бульбашок повітря або газів в процесі заливки, що не встигли вийти з форми і залишилися в тілі виливки. Поверхня газової раковини має закруглену форму. Найчастіше газові раковини утворюються під зовнішньою кіркою металу виливка і виявляються при механічній обробці іноді тільки на останній чистовій операції. Причинами утворення газових раковин є неправильне виготовлення стержнів, складання форми і формування, недосушування стержнів і форми, неправильна ливникова система і заливка, недостатнє просушування ковшів та ін.

Усадочні раковини утворюються внаслідок недостатнього живлення виливка в місцях скупчення металу, що остигають пізніше прилягаючих до них частин деталі. Усадочні раковини відрізняються неправильною формою, негладкою, нерідко окисленою поверхнею. Часто усадочні раковини зустрічаються у виді нещільностей з безліччю дрібних раковин і пор. Причинами утворення усадочних раковин і нещільностей є неправильна конструкція виливків, неправильне встановлення литників і приливів, заливання занадто гарячого металу і металу, що володіє підвищеною усадкою (сталь, ковкий чавун).

Шлакові раковини утворюються внаслідок недостатньо ретельного очищення металу від шлаку в ковші або плавильній печі.

Гарячі тріщини утворюються через підвищену усадку і червоноломкість металу, неправильного підбору литників, що приводить до місцевого розігріву форми, внаслідок нерівномірної усадки виливки, залитої занадто гарячим металом, а також через гальмування усадки внаслідок опору пружних стержнів і ділянок форми та занадто раннього вибивання відливки з форми. Усадочні тріщини можуть виникати і через неправильну конструкцію виливки, що не забезпечує одночасності усадки різних її частин. Гарячі тріщини звичайно мають значну ширину, невелику глибину й окислену поверхню.

Холодні тріщини утворюються при більш низькій температурі, мають світлу неокислену поверхню і значну глибину. Утворюються вони як внаслідок усадки, так і від механічних ушкоджень виливків при вибивці форм і стержнів, а також під час очищення і транспортування литва.

Короблення виливків відбувається внаслідок нерівномірної товщини їхніх стінок при різній усадці окремих їхніх частин. Для усунення короблення необхідно конструювати деталі так, щоб забезпечити рівномірне їхнє охолодження і застосовувати холодильники для прискорення охолодження масивних вузлів відливки.

Корольки – це погано зварені з виливком окремо затверділі краплі металу, що потрапили у форму першими. Такі краплі при механічній обробці можуть бути причиною передчасного виходу з ладу різальногоого інструменту.

Недолив – це неповністю заповнена металом частина виливки. Причинами спаю і недоливу можуть бути: холодний або недостатньо рідкотекучий метал, занадто велике утворення в порожнині форми газів, мала газопроникність форми, занадто щільне її набивання, недостатня і неправильна вентиляція форми й ін.

Перекос відбувається при зрушенні верхньої частини форми відносно нижньої внаслідок неправильного центрування опок через знос штирів і втулок або через невідповідність розмірів, знаків на моделі й у стрижнях.

Місцеві роздуття виливка і нарости утворюються головним чином через занадто слабке набивання і при неправильному підводі металу, коли він входить у форму з ударом. Затоки на виливку по площині рознімання відбуваються через недостатнє навантаження форми, при зайвих зазорах тощо.

Ужимини переважно утворються на великих плоских поверхнях, повернених при заливанні доверху. Ймовірна причина утворення ужимини полягає в тому, що верхня скоринка залитого металу, що підпирається металом який ще надходить, піднімаючись догори жолобиться або частково проривається. Для зменшення утворення ужимин рекомендується на верхній частині форми наносити неглибокі риски, що перешкоджають їхньому утворенню.

Загальна невідповідність розмірів виливки кресленню пов’язана з неправильною моделлю або через застосування металу з підвищеною усадкою. Невідповідність якості у виливках у відношенні до механічних властивостей, структури, буває через неправильний склад або температуру металу, невідповідний режим плавлення і термічної обробки. Виливки після вибивки їх з форм піддають очищенню з метою видаленням з їхньої поверхні пригарів землі, литників, затоків металу в стінках форми й інше.

Контроль литих заготовок

Оцінку якості литих заготовок необхідно проводити з метою визначення хімічного складу матеріалу виливка і його механічної характеристики. Крім зазначених параметрів контролю попередньо проводять візуальний контроль з метою з’ясування зовнішніх дефектів (пригарів формувальної землі, зовнішніх раковин, тріщин та ін.). За допомогою обмірювання заготовки встановлюють її відповідність заданим розмірам за кресленнями.

Для визначення хімічного складу металу заготовки висвердлюють необхідну кількість стружки і хімічним аналізом визначають процентний вміст основних хімічних елементів, що визначають дану марку матеріалу.

Механічні характеристики визначають по зразках, вирізаних з металу з даної партії заготовок, і за результатами оцінюють відповідність даній марці металу. Для виявлення внутрішніх пороків металу використовують ультразвукові дефектоскопи, магнофлокси, рентгенівські методи, метод з використанням радіоактивних ізотопів та інше.

2.4. Ковані та штамповані заготовки

Ковальсько-штампувальне виробництво дозволяє одержувати деталі не тільки різні за формою і вагою, але і зі значним поліпшенням початкових властивостей вихідного матеріалу внаслідок здрібнювання його первинної структури і поліпшення механічних показників. Тому важко навантажені деталі багатьох машин виготовляються куванням і штампуванням.

Для кування і гарячого штампування застосовується сортамент різних розмірів і профілю катаної сталі. У гарячому стані штампуються усі застосовувані в машинобудуванні марки сталей різних профілів прокату.

Технологічний процес кування і гарячого штампування складається з наступних операцій: 1) розрізання прутків для отримання заготовок; 2) нагрівання заготовок; 3) кування або штампування; 4) обрізання облою; 5) термообробка (по потребі); 6) очищення заготовок від окалини; 7) контроль.

Весь виробничий процес отримання заготовок методом кування або гарячого штампування, починаючи від складу металів і закінчуючи отриманням заготовки, представлений на схемі (рис. 2.15). Розрізання прутків для отримання заготовок необхідної довжини роблять ножицями або штампами з застосуванням пуансона і матриці відповідних профілю прокату.

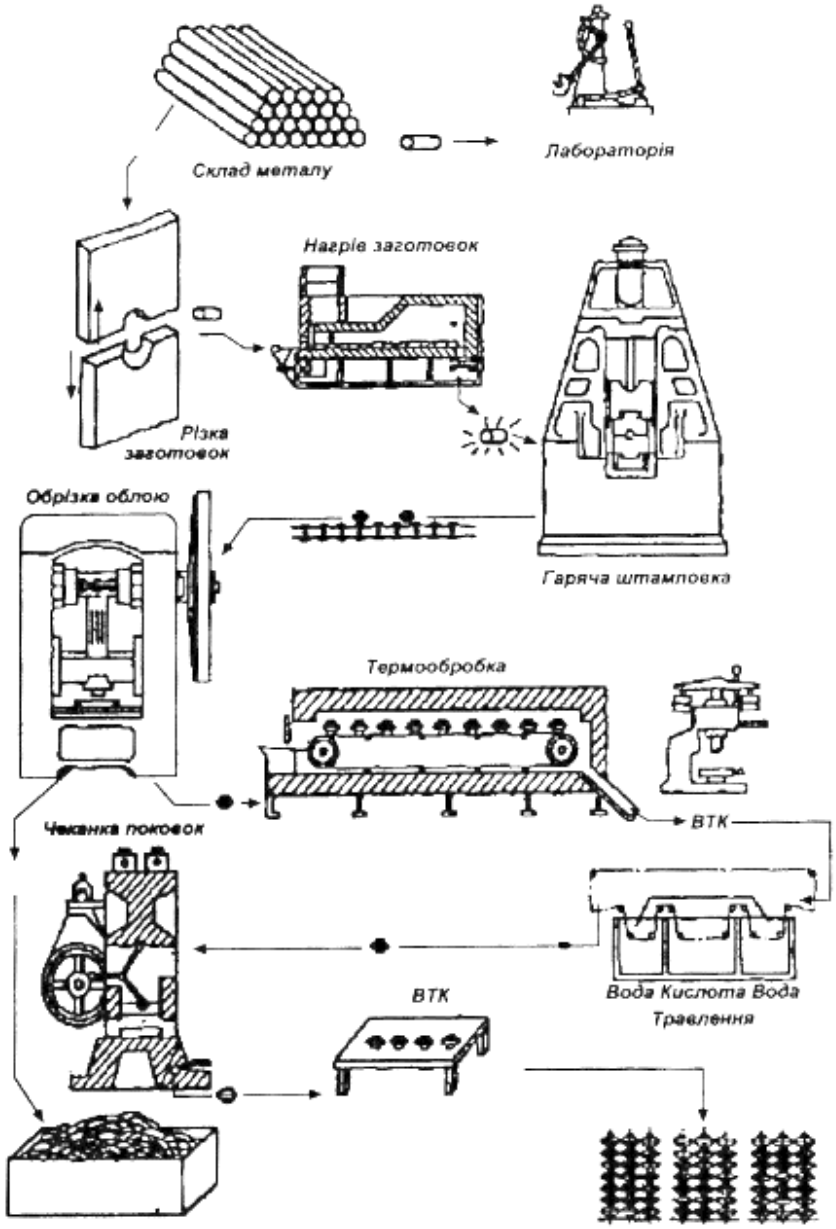


Рисунок 2.15 − Схема технологічної послідовності операцій гарячого штампування

Нагрівання заготовок перед штампуванням

Ціль нагрівання металу перед штампуванням полягає в пониженні його опору деформації. Нагрівання металу знижує потрібні для його деформації зусилля в 10–12 разів. Для нагрівання заготовок можуть бути використані газові, нафтові й електричні печі; камерні, напівметодичні, методичні, карусельні, конвеєрні печі; соляні ванни й ін. Крім того, застосовуються електричні методи нагріву: індукційне нагрівання струмами промислової і підвищеної частоти, контактне нагрівання і нагрів в електроліті.

При нагріванні металу перед штампуванням необхідно стежити, щоб подача тепла з поверхні заготовки відповідала швидкості поширення тепла у її середині. Велика різниця температур між поверхнею заготовки і її внутрішньою частиною створює термічні напруги в металі, що можуть привести до утворення кільцевих тріщин. Крім того, швидке нагрівання заготовки веде до перегрівання, інтенсивного окалиноутворення й оплавленя поверхні металу. Утворення окалини приводить до значної втрати металу у виді чаду. Чад металу за одне нагрівання складає 1,5–2,5% від ваги заготовки; по величині він значно зростає з ростом температури нагрівання металу. Для зменшення утворення окалини при нагріванні металів іноді використовують середовище нейтрального газу – азоту або відновлюваних газів CO і H_2. Успішно застосовується безокисне нагрівання заготовок у середовищі продуктів неповного згоряння. При вдало підібраному відношенні CO/CO_2 і H_2/H_2O вдається отримати заготовки, не покриті окалиною. Так, при температурі печі 1200°C і при відношенні $CO/CO_2 = 3$ і $H_2/H_2O = 1,2$ нагріта заготовка покривається окалиною незначно.

Зазвичай цілком захистити метал від утворення окалини не вдається, тому в промисловості для видалення окалини з заготовок перед штампуванням використовують різні шкребки, окалиноломи, щіткові пристосування, але найбільше продуктивнішим методом є гідроочищення. Гідроочищення проводиться радіально спрямованими дрібними струменями води під кутом 55° при тиску 140–180 ат; при цьому витрата води становить 1–1,5 л/с при швидкості проходження заготовки під струменем 0,5 л/с.

Кування і штампування заготовок

Гаряче кування можна здійснювати на молотах, пресах, горизонтально–кувальних машинах, автоматах, кувальних вальцях і інших видах устаткування. Вибір способу штампування повинен обгрунтовуватися економічними розрахунками відповідно до величини виробничої програми, конструкції деталі і технічних умов на її виготовлення.

Конструктивні схеми ковальсько-штампувального обладнання, застосовуваного для кування і гарячого штампування, наведені на рис. 2.16.

Широко поширені в ковальсько-штампувальних цехах пароповітряні молоти (рис. 2.16,а). Вони бувають простої і подвійної дії. Молоти подвійної дії в якості енергоносія використовують перегріту пару під тиском до 9 атм або стиснене повітря під тиском до 7 ат. Вага падаючих частин складає від 0,5 т до 16 т.; при падінні вони одержують прискорення від власної ваги і тиску пари

або повітря. У таких молотів вага до 20 разів більше ваги падаючих частин. Молоти простої дії відрізняються від молотів подвійної дії тим, що їх падаюча частина не одержує додаткової енергії (від тиску пари або повітря). Прикладом може служити фрикційний молот (рис. 2.16,в).

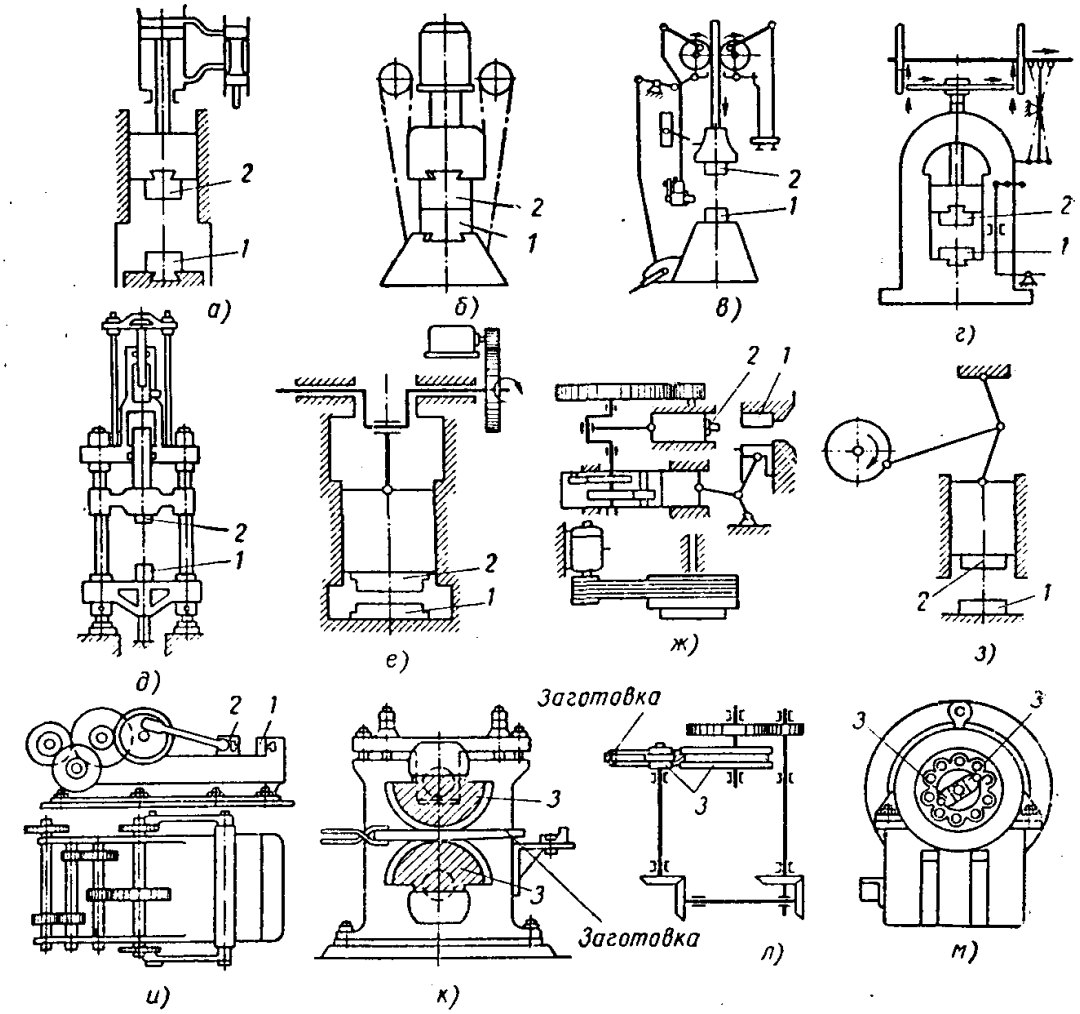


Рисунок 2.16 − Основні схеми ковальсько-штампувального устаткування: а) молот пароповітряний; б) молот бесшаботний; в) фрикційний молот; г) фрикційний гвинтовий прес; д) гідравлічний прес; е) кривошипний прес; ж) горизонтально-кувальна машина; з) колінно-важільний чекановий прес; u) горизонтально-згинальна машина; к) кувальні вальця; л) розкатна машина; м) машина для редукування; 1 – нерухомі частини інструмента; 2 – рухливі частини інструмента; 3 – обертові частини інструмента

Бесшаботні молоти (рис. 2.16,б) розвивають енергію удару до 100000 кГ·м, що відповідає звичайному молоту з вагою падаючих частин 50 т. Ці молоти не вимагають масивних шаботів і фундаментів і при роботі не викликають сильних струсів ґрунту. Недоліком цих молотів є утрудненість умов роботи коваля внаслідок незручності догляду за процесом кування, особливо в момент удару, коли площина рознімання буває піднята досить високо. Вага баби бесшаботного молота майже в два рази більша ваги баби

звичайного штампувального молота. Число ударів у бесшаботного молота менше, ніж у пароповітряних, тому продуктивність його менша.

Фрикційні гвинтові преси (рис. 2.16,в) завдають удару по заготовці за рахунок енергії маховика, ваги гвинтового шпинделя і повзуна. Вони розвивають енергію удару до 8000 кГ·м, що відповідає номінальному зусиллю до 630 т.

Гідравлічні преси (рис. 2.16,д) мають швидкість значно нижчу, ніж молоти, вони розвивають зусилля штамповки 70 000 т і вище.

Горизонтально-кувальні машини (рис. 2.16,ж), колінно-важільні чеканові (рис. 2.16,з), кривошипні гарячештампувальні преси (рис. 2.16,е) і горизонтально-згинальні машини (рис. 2.16,м) мають привід від електродвигуна. Величини зусилля в машин цього типу змінюються в залежності від кута повороту кривошипа і мають максимальне значення наприкінці ходу.

Горизонтально-згинальні машини (рис. 2.16,м), застосовуються на заводах автомобільного машинобудування для гнуття великих деталей і виготовляються потужністю 100, 200 і 300 т з числом ходів відповідно 15, 10 і 8 у хвилину. На кувальних вальцях (рис. 2.16,к) і розкатних машинах (рис. 2.16,л) деформація заготовки по всій довжині проводиться вальцями або роликами безупинно, що зручно при куванні довгих і тонких заготовок.

Найстарішим видом кувально-пресового устаткування є молоти. Внаслідок властивих їм недоліків молоти заміняють іншими, більш вдосконаленими видами устаткування. Поковки виходять більш точними при виготовленні їх на кривошипних гарячештампувальних пресах, що забезпечують менші штампувальні відхилення, допуски і припуски, що приводить до зниження ваги поковок і витрати металу. Час штампування поковок на кривошипних гарячештампувальних пресах, що займає 2–3 ходи преса, значно менший, ніж при штампуванні на молотах. Крім того, при штампуванні на пресах поліпшуються умови праці через відсутність шуму і струсів, що мають місце при роботі на молотах. Також значні переваги дає штампування на кувальних автоматах. Якщо металорізальний автомат за зміну може виготовити 2000–2300 шт. роликів для підшипників, то висадочний автомат може виготовити їх 15000–18000 шт.; при цьому досягається економія металу на 30%, зниження вартості обробки на 70% і збільшення продуктивності праці в 7–8 разів.

При масовому виробництві поковок гарячим штампуванням на лініях застосовують, крім штампувального устаткування, механізовані й автоматизовані спеціальні машини і верстати з механізацією транспортних операцій.

В автомобілебудуванні при великосерійному і масовому виробництвах отримало широке поширення штампування на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ). Ці машини мають високу продуктивність, забезпечують отримання заготовок високої точності й економічну витрата металу. На ГКМ (рис. 2.16,ж) можливе штампування поковок вагою від 0,1 кг до 100 кг; при цьому досягається висока продуктивність – до 400–800 і більш поковок в

годину. На відміну від молотових і пресових штампів, штампи для ГКМ мають дві взаємно перпендикулярні площини рознімання: а) між пуансоном і матрицею; б) між рухливою і нерухомою половинками матриці.

Перевагами штампування на ГКМ є:

а) можливість штампування поковок складної конфігурації з глибокими порожнинами і наскрізними отворами;

б) можливість штампування без задирок (облою), а якщо в складних поковках він буває, то не перевищує 0,5%–1,0% ваги поковки, у той час як при молотовому куванні відхід в облой досягає 15%–25% ваги поковки і більше;

в) відсутність необхідності в обрізних пресах і штампах; у випадку необхідності, обрізання здійснюють в обрізній канавці штампа ГКМ;

г) досягнення високої точності і чистоти поверхні поковок за рахунок сталості величини ходу повзуна ГКМ, чого не вдається отримати при куванні на молотах;

д) відсутність зовнішніх штампувальних відхилень і наявність незначних внутрішніх відхилень, що приводить до скорочення відходу металу в стружку, а також зниженню трудомісткості при механічній обробці;

е) отримання високої якості поковок через відсутність перерізання волокон металу при штампуванні;

ж) більш безпечна робота у порівнянні з обслуговуванням молотів або пресів.

Основними операціями при штампуванні на ГКМ є висадка або збільшення товщини частин прутка, прошивання і просікання. Крім цих операцій при необхідності також виконують перетиск, відрізування, стиснення й обрізування облою. На ГКМ можливо робити штампування з мірних заготовок або з прутків з використанням переднього або заднього упору, з одного нагрівання в одному або декількох канавках штампа. З одного нагрівання з прутків можливо штампувати до 12–15 поковок. Конструкція ГКМ допускає вмонтовування в неї електронагрівачів, що дозволяє механізувати й автоматизувати процеси нагрівання і штампування.

Число переходів висадження на ГКМ визначається, виходячи з умов, щоб при висадженні за один хід довжина вихідного прутка не перевищувала трьох його діаметрів, тобто $l \leq 3d$, інакше можливо викривлення заготовки, утворення затисків і зсув металу в бік. При висадженні поковок із глибоким наскрізним або глухим отвором не рекомендується робити прошивання відразу на всю глибину, щоб уникнути вигину заготовки. При цьому необхідно дотримуватися умови $l \leq 3d$, а тому прошивання варто проводити послідовно в декількох канавках штампа.

Гвинтові фрикційні преси, в порівнянні зі штампуванням на молотах, горизонтально-кувальних та інших спеціальних ковальсько–пресових машинах, мають меншу продуктивність. Проте на фрикційних пресах можна одержувати заготовки з незначними задирками або зовсім без задирок (рис. 2.16,г). Штампування на фрикційних пресах проводиться в одноканальних штампах з кутих штучних заготовок або з заготовок із прокату.

Привідні фрикційні преси широко поширені в дрібносерійному і серійному виробництві; вони сполучать у собі ударну дію, яка властива молотам, і тиск, що відповідає пресам, а також дозволяють у широких межах змінювати висоту підйому повзуна. Це робить їх зручними при виготовленні штучних заготовок різної конфігурації вагою до 20 кг. При роботі преса відсутнє заклинювання, що приводить до поломки машини. Наявність у преса нижнього виштовхувача дозволяє штампувати поковки з малими відхиленнями і скоротити до мінімуму час, необхідний для видалення гарячої поковки з канавки. При цьому менше розігрівається штамп і збільшується його термін служби. Поєднання у фрикційного преса властивостей молота і преса робить його ефективним для безоблойного штампування в закритих штампах з роз'ємними матрицями, для точного штампування складних поковок з малопластичних кольорових сплавів. Фрикційні преси успішно застосовуються для точного штампування конічних і циліндричних шестерень із прямим і спіральним зубом. Застосовуються фрикційні преси двох типів: з циліндричними дисками і з конічними дисками. У пресів з циліндричними дисками повзун переміщається вниз разом із гвинтом, який одержує обертальний рух від циліндричних дисків, гайка в повзуні закріплена нерухомо, а нижня частина штампа нерухлива. Удар по заготовці наносить повзун при русі з верху вниз. Цей тип преса має найбільше поширення. У пресів з конічними дисками гвинт отримує правий і лівий обертальний рух від двох конічних дисків. Уздовж гвинта в напрямних переміщається нагору і вниз повзун разом з гайкою, що має форму рами. У нижній частині повзуна закріплені нижня частина штампа і механізм виштовхування й опору. Удар по заготовці наноситься при русі повзуна знизу нагору. Ці преси використовують в основному при штампуванні дрібних поковок (олтів, гайок, заклепок тощо).

В автомобілебудуванні широко застосовують холодне штампування з листового прокату (рис. 2.17).



Рисунок 2.17 − Приклад окремої операції штампування
на атоматичній пресовій лініїя KOMATSU на АВТОВАЗі
[https://www.youtube.com/watch?v=IOVmDg7pAjY]

Вибір потужності молота і преса

Для вільного кування потужність, яка використовується молотом, визначається за формулою:

$$G = kF, \tag{2.7}$$

де G – вага падаючих частин молота; F – площа поперечного перерізу заготовки; K – коефіцієнт, рівний: для сталі – 5, кольорових металів – 3,5 і для спеціальних сталей – 7.

При куванні в підкладних штампах потужність молота:

$$G = (8 \div 10)Fn, \tag{2.8}$$

де Fn – площа проекції поковки і заустенця на поверхні штампа.

Потужність преса, необхідну для кування, можна визначити за формулою:

$$P = \sigma F \text{ (кГ)}, \tag{2.9}$$

де σ – межа міцності металу при температурі кування; F – площа зіткнення бойка з поковкою.

При осаді $F = 0{,}785d^2$, а при витяжці $P = bl$, де d – діаметр прутка, b – ширина поковки, l – величина подачі прутка при куванні.

Потрібний тиск горизонтально–кувальної машини при висадженні розраховують за формулою:

$$P = kD^2_{\text{пок}}, \tag{2.10}$$

де $D_{\text{пок}}$ – діаметр поковки в мм; k – коефіцієнт, рівний для поковок простої форми 0,05, середньої складності – 0,06 і дуже складної – 0,074.

Визначення розмірів поковки

Розроблення технологічного процесу кування і штампування включає в себе наступні стадії: розроблення креслення поковки, розрахунок ваги поковки, вибір обладнання відповідних кувальних операцій, вибір типу і конструкції штампів, встановлення режимів нагрівання поковки або штампа і охолодження поковок. Для вияснення форми поковки необхідно спочатку розрахувати припуск (рис. 2.18), а в окремих місцях, якщо потрібно, дати допуск, який разом з припуском буде зніматися при механічній обробці. Припуск задається на поверхні, які підлягають подальшій обробці різанням. Допуски (рис. 2.19) задаються для спрощення форми поковки і для спрощення технології кування. Припуски при куванні необхідні тому, що у поковці можуть мати місце дефекти поверхневого шару, відхилення розмірів, геометричні погрішності форми і просторове відхилення взаємозв’язаних поверхонь.

Дефекти поверхневого шару включають в себе: безвуглецевий шар; вм’ятини від окалини; поверхневі тріщини і складки. При ліквідуванні припуску на поковку при механічній обробці всі вище перераховані дефекти знімаються, а за рахунок припусків на механічну обробку забезпечується задана точність обробки деталі та чистота поверхні.

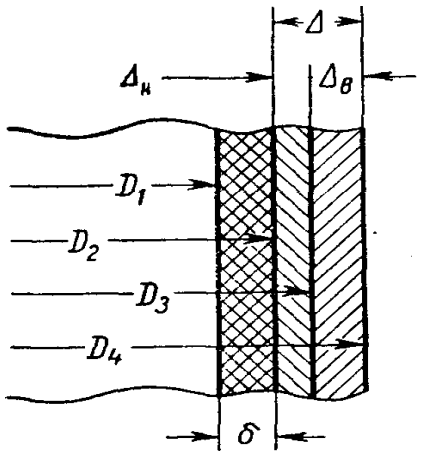


Рисунок 2.18 − Схема розміщення припусків і допусків кувальної поковки: D_1 – максимальний розмір деталі по кресленні; δ – припуск на мехобробку; D_2 – мінімальний розмір поковки; Δ – допуск на виготовлення поковки; D_3 – номінальний розмір поковки; D_4 – максим. розмір поковки; $\Delta_н$ і $\Delta_в$ – нижнє і верхнє відхилення від номінального розміру поковки

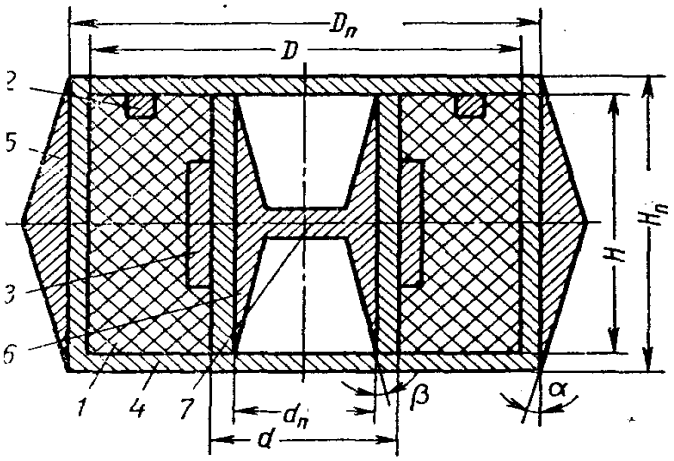


Рисунок 2.19 − Креслення деталі і поковки з припусками і допусками: D і d – мінімальний зовнішній і максимальний внутрішній діаметр поковки; $D_п$ і $d_п$ – діаметр поковки з врахуванням допусків на поковку; H – висота поковки; $H_п$ – висота поковки з врахуванням допуску; α і β – кути нахилу зовнішніх і внутрішніх поверхонь поковки; 1 – поковка; 2 і 3 – напуски для спрощення форми поковки; 4 – допуск на виготовлення поковки; 5 і 6 – напуски для можливості видалення поковки із штампу; 7 – перемичка

Щоб простіше було видалити поковку із верхньої і нижньої частини штампа, необхідно передбачити нахили, які створюють додатковий допуск у заготовці 5 і 6 (рис. 2.19).

У кресленні поковки повинні бути враховані на всіх поверхнях необхідні припуски і напуски, штампувальні відхилення і радіуси заокруглень поковки.

Види кування і штампування

Вільне кування і кування в підкладних штампах. Основними ковальськими операціями при вільному куванні є усадка, витягування, прошивання, рубання, гнуття, закручування і ковальське зварювання. При вільному куванні заготовка вкладається на нижній нерухомий бойок, а верхнім рухомим бойком обтискується ударами молота або натисканнями преса. В процесі кування метал може вільно текти в усі сторони, тому процес і отримав назву вільного кування.

В залежності від виду виконуваних операцій при вільному куванні застосовується різний універсальний ковальський інструмент (обтискники, гладилки, просічки й ін.). Вільне кування із застосуванням універсального ковальського інструмента дає великі відходи металу на обрізання, на великі припуски і напуски.

Цей метод кування виправдовує себе тільки при виготовленні поковок в одиничному виробництві. У дрібносерійному виробництві доцільно застосовувати кування не універсальним ковальським інструментом, а з використанням підкладних штампів. При цьому підвищується продуктивність кування, полегшується праця коваля і значно зменшується розхід металу.

Складаючи креслення кування при використанні штампів, крім припусків на механічну обробку, втрат на загартування та ін., необхідно враховувати втрати металу на задирки або облой. На рис. 2.20 для прикладу зображена форма канавки штампа для утворення задирок і облою. Для заповнення складних форм штампуючих деталей кількість металу розраховують з деяким надлишком, що при штампуванні витісняється в задирки. Задирка, утворена навколо канавки штампа, суттєво впливає на процес штампування і розміри вихідної заготовки. Наприкінці штампування задирка створює опір витіканню металу між верхньою і нижньою частиною штампа, і тим самим змушує метал чітко заповнювати форму канавки. Наявність деякого надлишку металу виключає можливість отримання браку через недоштампування. У процесі штампування задирка виконує роль буфера, що зм'якшує удар верхнього штампа по нижній частині, і тим самим охороняє їх від зминання та поломок.

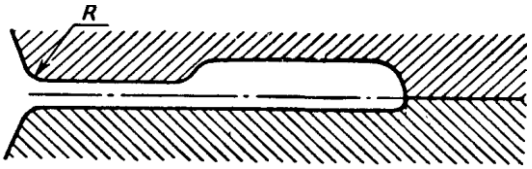


Рисунок 2.20 − Одна із форм канавки для задирки:
R – перехідний радіус

Об'ємне гаряче штампування. В серійному і масовому виробництві деталей автомобілів широко використовується гаряче об'ємне штампування. Гаряче штампування здійснюється в одно- і багатоканальних (рис. 2.21) штампах. При штампуванні в одноканальному штампі заготовка попередньо грубо відковується (фасонується) вільним куванням, періодичною прокаткою або вальцюванням. Цей метод штампування застосовується в серійному виробництві. При багатоканальному штампуванні попередні операції виконуються в заготівельних каналах штампа. Цей метод штампування застосовується у великосерійному і масовому виробництвах. При гарячому об'ємному штампуванні матеріал нагрітої заготовки примусово перерозподіляється в канавках штампа, здобуваючи форму і розміри деталі. Після заповнення канавки надлишок металу витісняється в канавку між штампами, утворюються задирки або облой.

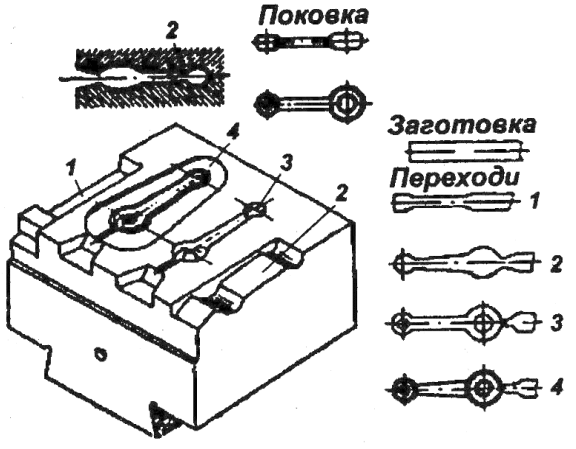


Рисунок 2.21 − Переходи і загальний вид штампа для кування шатуна:
1 – протяжка; 2 – підкатка; 3 – чорнове штампування; 4 – чистове штампування

Поковки, виготовлені методом гарячого штампування, при порівнянні з вільним куванням мають ряд переваг. Забезпечується однорідність і точність поковки, можливе виготовлення заготовок складної форми, що не вдається зробити методом вільного кування без застосування напусків, штамповані заготовки по своїх розмірах і формі наближаються до форми готової деталі, а іноді навіть не вимагають подальшої механічного оброблення. Крім того, забезпечується висока продуктивність виготовлення однорідних і точних поковок.

Застосування гарячого штампування пов'язано з використанням дорогого штампувального інструмента. Тому гаряче об'ємне штампування найбільш широко застосовується у великосерійному і масовому виробництвах. Методом гарячого штампування можуть бути отримані поковки різних форм: з постійним і перемінним перетином, із прямолінійною і вигнутою віссю, з відростками, симетричні й асиметричні й інші.

Вихідними даними при розробці технології штампування є: креслення поковки, технічні умови на неї, величина програми випуску, умови роботи деталі.

На підставі креслення готової деталі розробляється креслення поковки; при цьому необхідно дотримуватися наступних умов:

1. Напрямок волокон металу в поковці повинен збігатися з напрямком найбільших напруг у деталі.

2. Площини рознімання повинні забезпечувати легке видалення готового виробу з порожнин штампа.

3. Розташовувати заготовку у штампі потрібно так, щоб вона входила в порожнину штампа на меншу глибину і займала більшу ширину, при цьому заповнення каналів відбувається легше.

4. Площина рознімання штампу повинна розсікати вертикальні стінки поковки, яка штампується.

5. Розташовувати важкозаповнюючі частини форм поковки потрібно у верхній половині штампа, тому що верхні канавки легше заповнюються.

Крім того, необхідно врахувати допуски, напуски, позначки під прошивання, штампувальні нахили та радіуси заокруглень.

Канавки штампів

Для отримання поковок заданої форми штампи мають канавки, у площині яких відбувається послідовний перерозподіл металу заготовки, а в останній формувальній канавці заготовки одержують остаточну форму. До штампувальних канавок відносяться заготівельно-попередні, попередні й остаточні або готові. У штампувальних канавках заготовка послідовно одержує остаточну форму і розміри. З огляду на коефіцієнт лінійного розширення сталі, лінійні розміри порожнин штампів збільшують на 1,5% у порівнянні з розмірами поковок. Припуски, допуски і напуски для поковок з чорних металів, отриманих методом гарячого штампування, встановлюють згідно стандартів.

При штампуванні заготовок, у яких повинні бути отвори, виштамповують зустрічні виїмки-позначки. Перемичка, що залишається між позначками, надалі віддаляється прошиванням. Щоб полегшити видалення гарячої поковки з канавки штампа її поверхням додають штамповочні нахили, що утворять ковальські напуски; зовнішні нахили рекомендовані до 7°, а внутрішні – 10°.

Обрізування задирок

Обрізування задирок здійснюється в гарячому або холодному стані в обрізних штампах, установлених на кривошипних пресах. У великих поковок, де периметр облою має значні розміри і для обрізання вимагаються великі зусилля, її роблять у гарячому стані на обрізному пресі, установленому поруч з кувальним; при цьому не потрібне повторне нагрівання заготовки. Обрізана заготовка провалюється вниз крізь матрицю, а облой залишається на матриці. Поковки і задирки (облой) видаляються вручну або механічним скидачем. У дрібних поковок з невеликим периметром обрізання, коли не потрібно великих зусиль, обрізування роблять у холодному стані.

2.5. Заготовки, отримані листовим штампуванням

Розкрій листового матеріалу при вирубуванні

У листоштампувальному виробництві економія матеріалу багато в чому визначається розкроєм – доцільним розташуванням деталей на заготовці. Особливо важливе значення економії металу в листовому штампуванні визначається тим, що вартість матеріалу штампованих деталей складає в їхній загальній собівартості приблизно 60–80%, у той час як вартість заробітної плати зазвичай складає лише 5–15%. Такий стан характеризується досить високою механізацією і продуктивністю штампувальних операцій. Якщо врахувати, що в середньому відходи при листовому штампуванні складають 30–40%, то кожний відсоток зменшення відходів дає можливість зменшити собівартість на 0,4–0,5%.

Розкрій матеріалу та його вибір залежить великою мірою від конструктивної форми штампуючої деталі. Показником, що характеризує економічність і раціональність розкрою, є коефіцієнт використання матеріалу $\eta(\eta_n)$, що представляє відношення корисної площі деталі $F_o(F_{on})$ до площі заготовки $F_з(F_{зп})$, що йде на виготовлення цієї деталі при вирубуванні, тобто:

$$\eta = \frac{F_o}{F_o} 100(\%). \qquad (2.11)$$

Вдале розташування деталей на смузі і на листі, можлива мінімальна величина перемички між деталями і максимальне використання відходів на інші деталі сприяють підвищенню загального коефіцієнта використання матеріалу при вирубуванні. Розглянемо способи розкрою і методи підрахунку коефіцієнта використання матеріалу при вирубувані деталей різної конфігурації.

Вирубування круглих деталей можна робити в один, два і кілька рядів при паралельному (рис. 2.22) і шахматному (рис. 2.23) їх розташуванні. Круглі вироби діаметром понад 150 мм звичайно вирубують в один ряд, при менших розмірах вигідніше штампувати в кілька рядів у шахматному порядку – багаторядний шахматний розкрій.

Коефіцієнти використання матеріалу при рівнобіжному розташуванні круглих деталей діаметром D на смузі (стрічці) визначають з наступних залежностей:

– при однорядному розкрої:

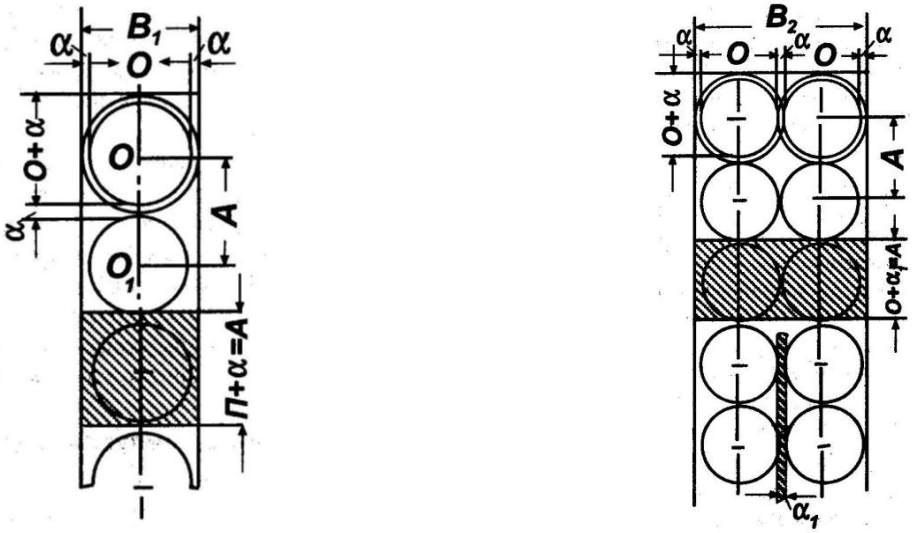
$$\eta = \frac{F_{o1}}{F_{з1}} = \frac{0.785D^2}{(D + a_1)(D + 2a)} 100\,\%; \qquad (2.12)$$

– при двохрядному розкрої:

$$\eta = \frac{F_{o2}}{F_{з2}} = \frac{0.785D^2}{(D + a_1)(2D + 2a + a_1)} 100\,\%; \qquad (2.13)$$

– при n-рядному розкрої:

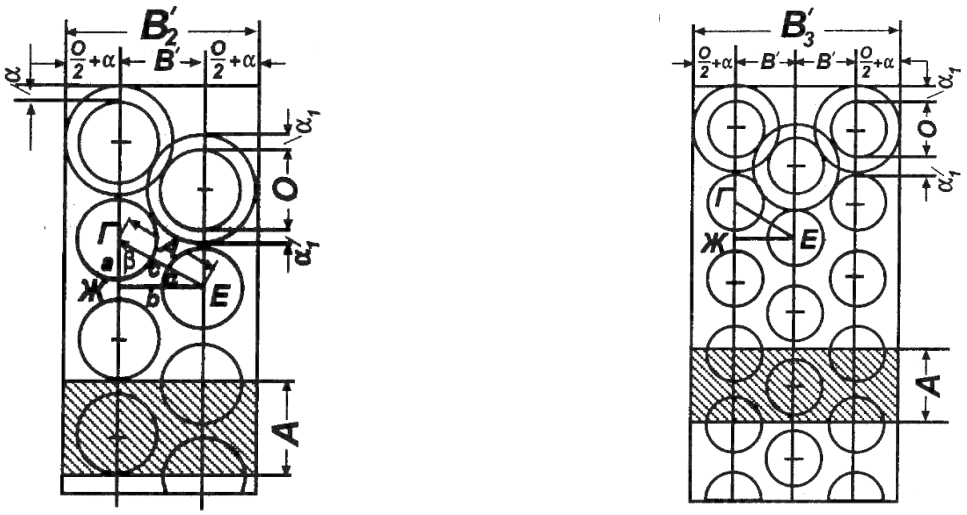
$$\eta = \frac{F_{on}}{F_{зn}} = \frac{n \cdot 0.785D^2}{(D + a_1)\left[nD + 2a + (n-1)a_1\right]} \cdot 100\,\%. \qquad (2.14)$$



а) *б)*

Рисунок 2.22 – Паралельне розташування круглих деталей при вирубуванні: *а*) однорядне; *б*) дворядне (на рисунку: a – величина перемички від краю смуги; a_1 – величина перемички між кружками, що вирубуються; A – подовжній крок подачі матеріалу, рівний $D+a$; B – ширина смуги)

Очевидно, що найбільший коефіцієнт використання матеріалу буде мати місце при максимальному числі рядів, що вирубуються (*n*), також при найбільшому значенні *D*. Однак це число рядів обмежується тим, що надмірно широкі смуги представляють незручності в роботі й ускладнюють конструкцію штампів.



а) *б)*

Рисунок 2.23 − Шахматне розташування круглих деталей при вирубуванні: *а*) дворядне; *б*) трирядне

Ще більш економічним є шахматне багаторядне розташування круглих контурів (рис. 2.23). Визначення коефіцієнта використання матеріалу при шахматному розташування круглих деталей на смузі (стрічці) здійснюють за формулами:

– при дворядному шахматному розкрої:

$$\eta'_2 = \frac{F'_{o2}}{F'_{з2}} = \frac{2 \cdot 0{,}785 D^2}{(D + a_1)\left[(D + 2a) + (D + a_1)\cos\alpha\right]} \cdot 100\,\%; \qquad (2.15)$$

– при трьохрядному шахматному розкрої:

$$\eta'_3 = \frac{F'_{o3}}{F'_{з3}} = \frac{3 \cdot 0{,}785 D^2}{(D + a_1)\left[(D + 2a) + 2(D + a_1)\cos\alpha\right]} \cdot 100\,\%; \qquad (2.16)$$

– при n-рядному шахматному розкрої:

$$\eta'_n = \frac{F'_{on}}{F'_{зn}} = \frac{n \cdot 0{,}785 D^2}{(D + a_1)\left[(D + 2a) + (n-1)(D + a_1)\cos\alpha\right]} \cdot 100\,\%. \qquad (2.17)$$

Аналогічно рівнобіжному розкрою при шахматному розташуванні деталей на листовій заготовці зі збільшенням кількості рядів n, а також діаметра деталі, що вирубується D, коефіцієнт використання матеріалу η збільшується. При шахматному розкрої економія виходить за рахунок зближення рядів. Орієнтовно в залежності від діаметра кола можна вважати, що кожний ряд, що додається, при рівнобіжному розкрої дає економію від 3% до 5%; шахматний розкрій, у порівнянні з паралельним, дає вигоду 1,5–3,0%. Необхідно відзначити, що у випадку вирубування круглих деталей великого діаметра з коротких смуг шахматний розкрій може виявитися менш вигідним, ніж паралельний, за рахунок втрати матеріалу у вигляді кінцевих відходів (рис. 2.24,а). У таких випадках більш точно коефіцієнт використання матеріалу визначається за наступною формулою:

$$\eta''_n = \frac{n \cdot F_{o1}}{F} = \frac{n \cdot 0{,}785 D^2}{BL} \cdot 100\,\%, \qquad (2.18)$$

де n – кількість деталей у смузі; B – ширина смуги; L – довжина смуги.

Застосовувані на практиці види розкрою при вирубуванні прямокутних і фігурних деталей можуть бути зведені до наступних основних (рис. 2.24): а) прямий; б) похилий; в) і г) зустрічний прямий; д) зустрічний похилий; е) комбінований; ж) багаторядний; з) з вирізанням перемички.

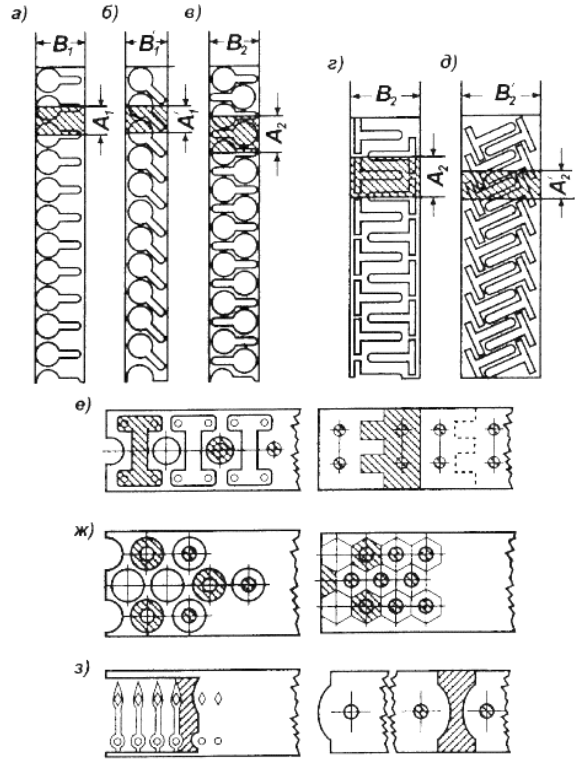


Рисунок 2.24 − Основні види розкрою матеріалу при вирубуванні фігурних деталей: *а*) прямий; *б*) похилий; *в*) і *г*) зустрічний прямий; *д*) зустрічний похилий; *е*) комбінований; *ж*) багаторядний; *з*) з вирізанням перемички

При цьому, якщо конфігурація деталі дозволяє, рекомендується використовувати принцип двокрокової безвідхідної вирубки, тому що тоді якість поверхні зрізу деталі і стійкість штампа не знижуються в порівнянні зі штампуванням з перемичкою.

Внаслідок безвідхідного розкрою матеріалу, особливо при досить довгій смузі, коефіцієнт використання матеріалу η близький до 100%. Крім того, тут штамп дозволяє за кожний хід преса одержувати по дві заготовки: одна провалюється вниз через отвір матриці, а інша скочується вбік.

Слід також відзначити, що остаточний вибір варіанта розкрою повинен враховувати складність виготовлення і вартість штампа, а також його стійкість у роботі.

2.6. Характеристика заготовок із пластмас і гуми

Заготовки з пластмас і гуми значно розповсюджені завдяки своїм фізичним властивостям: їх можна виготовляти багатьма способами, вони відзначаються доброю оброблюваністю та порівняно невисокою вартістю.

Пластмаси – це композиційні матеріали, що виготовляються на основі натуральних і синтетичних полімерів (смол) у суміші з наповнювачами (дерев'яною чи кварцовою мукою, графітом, азбестовим, паперовим, бавовняним і скляним волокном, тканинами, слюдою, дерев'яним шпоном), пластифікаторами (гліцерином, касторовою та парафіновою олією), стабілізаторами, барвниками та мастилами. Для виготовлення шпаристих і пінуватих пластмас до сумішей додають газоутворювачі. Залежно від поведінки пластмас у процесі нагрівання їх поділяють на термопластичні та термореактивні.

Термопластичні пластмаси (термопласти) під час кожного нагрівання переходять у в'язкоплинний стан, а в процесі охолодження тверднуть. До термопластів належать: полістирол, органічне скло, капрон, вініпласт, поліпропілен тощо.

Термореактивні пластмаси (реактопласти) при нагріванні спочатку м'якнуть, а потім за визначеної температури переходять у твердий, неплавких та нерозчинний стан і повторно не переробляються. До реактопластів відносяться пластмаси на основі поліефірних, фенолоформальдегідних та інших смол.

Гума – це продукт перероблення каучуків (натуральних і синтетичних) у суміші з вулканізаційними речовинами (сіркою, свинцем, бензолом, цинком, окислами магнію), наповнювачами (сажею, окислами кремнію та титану, крейдою, тальком, каоліном, тканинами), барвниками, пластифікаторами та речовинами, що сповільнюють старіння. Гумі властива дуже висока еластичність та пружність, здатність багаторазового вигинання, поглинати вібрації, гідро- та газонепроникність, стійкість до дії палива та мастил тощо.

Перевагами пластмасових і гумових заготовок є значний коефіцієнт використання матеріалу, що становить 0,95 ... 0,98, висока стійкість до агресивних середовищ, добрі звуко-, електро- та теплоізоляційні властивості,

широкий діапазон твердості, прозорість, малий коефіцієнт тертя, мала питома маса, добра оброблюваність різанням, придатність до виготовлення складних за формою заготовок, армування їх металевими вкладами тощо. До недоліків заготовок, виготовлених з пластмас і гуми, відносяться невисока міцність, значна повзучість (особливо для термопластів), низькі тепло– та морозостійкість, теплопровідність, здатність до старіння внаслідок дії сонячної радіації, тепла та води, обмеження в розмірах заготовок, що зумовлено розмірами пресформ. Для підвищення міцності таких деталей використовують металеву арматуру.

Технологічні процеси виготовлення заготовок

До основних способів переробки пластмас у в'язкоплинному стані відноситься гаряче пресування, лиття під тиском і витискування.

Заготовки з рідких полімерів отримують контактним формуванням, вихровим напиленням, відцентровим і звичайним литтям.

Перероблляння пластмас у високоеластичному стані виконують пневматичним чи вакуумним формуванням і штампуванням.

Для виготовлення заготовок з пластмас у твердому стані застосовують розділювальне штампування, обробку різанням, зварювання та склеювання.

Заготовки з гуми виготовляють здебільшого двома способами: формуванням з наступною вулканізацією гумової суміші та вирізуванням заготовок з гумових напівфабрикатів (листів, шнурів, стрічок, прогумованих тканин тощо). Для кожного із застосовуваних способів розроблені структура та режими технологічних процесів, які наводяться в довідковій та спеціальній літературі. Розглянемо перелічені способи виготовлення заготовок.

Гаряче пресування застосовують для виготовлення заготовок із термореактивних пластмас з порошковими чи волокнистими наповнювачами. Вихідні матеріали таких пластмас мають вигляд гранул чи таблеток. Нагрівання прес–форми потрібне для переведення пластмаси у в'язкопластичний стан і подальшого її тверднення (полімеризації). Гаряче пресування може бути прямим і литтєвим.

Пряме пресування здійснюють у закритих підігріваних прес–формах, на гідропресах (рис. 2.25,а). Пластмасовий матеріал засипають у матрицю та стискають пуансоном. Після пресування та тверднення пресформа відкривається, а готова заготовка виймається за допомогою виштовхувача. Пресування виконують також у відкритих пресформах.

У процесі *литтєвого пресування* (рис. 2.25,б) пластмасу засипають у завантажувальну камеру, з якої після нагрівання під тиском пуансона вона перетікає через проміжний пуансон у матрицю прес–форми. Після витримування та тверднення готова заготовка виймається з відкритої пресформи виштовхувачем. Литтєве пресування дає змогу отримувати складні за формою заготовки з глибокими отворами та різзю, а також армовані металевими вкладами. Гаряче пресування виконують при температурі 140°–190°С, тиску 50–70 МПа на кожний міліметр товщини стінки заготовки та витримуванні 30–60 с.

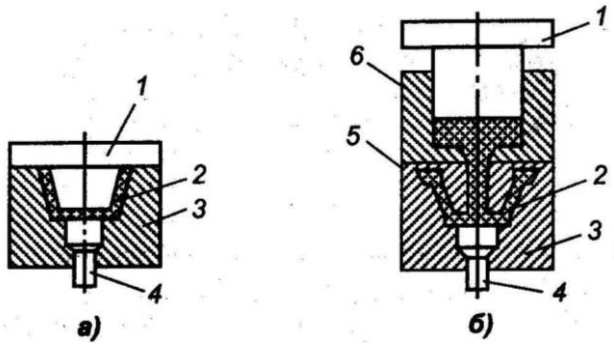


Рисунок 2.25 − Схема прямого (*а*) та литтєвого (*б*) пресування заготовок з пластмас: *1* – пуансон; *2* – заготовка; *3* – матриці; *4* – виштовхувач; *5* – додатковий пуансон; 6 – підігрівна камера

Пресування листів і плит здійснюють на багатоярусних гідравлічних пресах де простір між плитами підігрівається парою. Вихідними є пакети листового матеріалу (паперу, тканини, шпону), просякнутого фенол-формальдегідною смолою. Так отримують гетинакс, текстоліт, азботекстоліт, дерев'яно-шаруватий пластик, що служать заготовками для виготовлення деталей за допомогою обробки різанням.

Лиття під тиском виконують на спеціальних автоматичних литтєвих машинах і застосовують для виготовлення заготовок з термопластів (рис. 2.26). Принцип дії машини зрозумілий з наведеного рисунка. Лиття під тиском відрізняється високою продуктивністю. Процес виконують при температурі 150°–300°С і тиску 10–250 МПа. Так отримують заготовки складної форми, різної товщини стінок, з глибокими отворами та різзю, ребрами жорсткості, масою від кількох грамів до 1 кг, з точними розмірами (6 – 8 квалітет точності) та чистими поверхнями (Ra = 0,16...0,32 мкм). Пресформи роблять одно–та багатомісними.

Витискування (екструзію) застосовують для виготовлення труб прутків, профілів різного перетину, стрічок, плівок, нанесення ізоляції на дроти, тощо (рис. 2.27). Матеріалом для виготовлення служить гранульована чи порошкоподібна пластмаса.

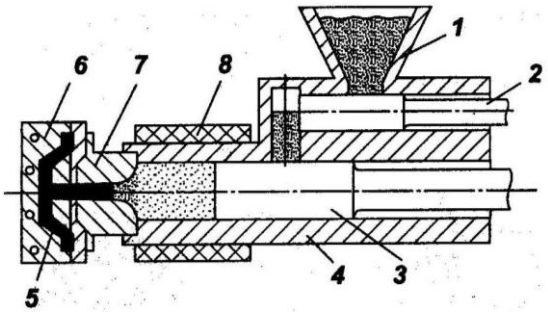


Рисунок 2.26 − Схема лиття пластмас під тиском: *1* – бункер; *2* – дозатор; *3* – поршень; *4* – циліндр; *5* – заготовка; *6* – форма; *7* – сопло; *8* – електронагрівач

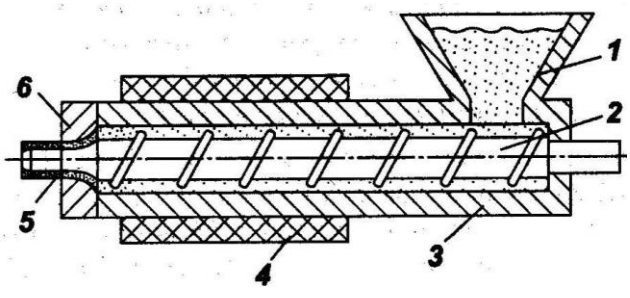


Рисунок 2.27 − Схема безперервного витискання пластмас: *1* – бункер; *2* – шнек; *3* – циліндр; *4* – електронагрівач; *5* – трубчаста заготовника; *6* – матриця

Пневматичне формування – це процес виготовлення значних за розмірами заготовок з листових термопластів. Листову вихідну заготовку нагрівають і притискають між матрицею та колектором, а потім у колектор

подають стиснене повітря, що формує заготовку за формою та розмірами порожнини матриці. Так виготовляють порожнисті заготовки (баки, пляшки, корита, контейнери, кришки тощо).

Вакуумне формування виконують подібно до пневматичного за допомогою атмосферного тиску та розрідженого повітря в порожнині між заготовкою та поверхнею матриці. Цей спосіб застосовують для виготовлення простих за формою, невеликих за розмірами та неглибоких заготовок з листового матеріалу товщиною до 2 мм. Для виготовлення заготовок складної форми вдаються до комбінованого пневматично-вакуумного формування.

Штампування – це процес формування з нагрітих листових термопластів у формах-штампах за допомогою матриці та пуансона. Штампування термопластів застосовують для виготовлення неглибоких заготовок типу прозорих шкелець для освітлювальних приладів, дашків тощо.

Пластмаси за своїми властивостями та поведінкою в процесі деформування часто суттєво відрізняються від металів. Це пояснюється їх анізотропією, неоднорідністю, шаруватістю та напруженістю. За відмінностями поведінки під навантаженням пластмаси умовно поділяють на крихкі та пластичні. До крихких належать такі шаруваті волокнисті пластики та анізотропні склопластики, як слюда, ебоніт, органічне скло, полістирол, текстоліт тощо.

До пластичних матеріалів відносять такі термопластики на основі паперу, як фібра, капрон, латероїд і матеріали на основі каучуку й гуми – електроніт, пароніт тощо. Крихкість і пластичність багатьох з них залежать від умов деформування, особливо від температури, швидкості деформування та часу перебування під навантаженням. ТП штампування кожного з матеріалів вибирають з урахуванням його властивостей.

Контактне формування – це спосіб виготовлення заготовок з рідких полімерів, що тверднуть після додавання до них затвердників. Основою для таких полімерів є поліефірні та епоксидні смоли, що добре поєднуються зі скловолокном і склотканиною. Формування виконують за допомогою металевих, дерев’яних, гіпсових, цементних форм. На робочі поверхні форми спочатку наносять розділювальний шар (нітролак, полівініловий спирт), потім шар зв’язувального матеріалу (смоли). Після витримування на цей шар кладуть шар склотканини чи скловати та прасують гумовим валком. Цей процес повторюють кілька разів залежно від того, яку товщину стінки треба отримати. Після витримування (10...12 год.) заготовка твердне, її можна виймати з форми. Так виготовляють різні за габаритами деталі – корпуси човнів, суден, автомобільні крила, кузови, ванни тощо.

Вихрове напилювання — цей процес відрізняється від перелічених тим, що всі складові речовини подаються на поверхню форми у подрібненому чи рідкому стані за допомогою шланга чи пульверизатора та перемішуються частково на поверхні форми, а частково ще й у повітрі перед нею.

Намотуванням просмоленого скловолокна, склострічки чи склотканини на токарних чи спеціальних верстатах отримують трубчасті заготовки. Після зняття з верстатів їх обробляють термічно.

Відцентровим литтям скловолокнистого наповнювача, змішаного зі смолою в обертових формах, отримують порожнисті заготовки з товщиною стінки до 15 мм, діаметром до 1000 мм і довжиною до 3000 мм і більше. Термообробку цих заготовок здебільшого виконують у формах.

Литтям без тиску отримують заготовки технологічного спорядження (матриці, пуансони, шаблони тощо) шляхом заливання смол у холодні чи гарячі форми залежно від температури тверднення матеріалу.

Розділювальне штампування – процес, що складається з операцій вирубування, пробивання, обрізання та зачищення заготовок. Ці операції виконують на устаткуванні та за допомогою технологічного спорядження, що використовується для розділювального штампування металів.

Обробку різанням пластмас здійснюють звичайно на верстатах для обробки металів чи дерева. Пластмаси добре обробляються різанням. Однак через особливості фізико-механічних властивостей ставляться додаткові вимоги до режимів різання та конструкції інструментів.

Зварювання та склеювання пластмас застосовують звичайно в процесі, виготовлення складних заготовок. Зварюють і склеюють пластмасові заготовки між собою, а також з іншими матеріалами. Для зварювання використовують теплоносій (нагрітий газ чи інструмент) і нагрівання ультразвуком, тертям, СВЧ тощо. Режими зварювання та склеювання наведені у довідковій та спеціальній літературі.

Техпроцеси виготовлення заготовок з гуми складаються з операцій приготування сирої гумової суміші, отримання з неї заготовок та їх вулканізації. Сиру гумову суміш готують шляхом подрібнення, нагрівання та вальцювання каучуку, перемішування його з наповнювачами, вулканізаційними речовинами та прискорювачами процесу вулканізації. Заготовки з гуми отримують за допомогою операцій каландрування, витискування, пресування та лиття під тиском.

Каландруванням виготовляють листову гуму та прогумовану тканину на каландрувальних станах, що за своїми конструкціями подібні до листопрокатних станів для металів. Верхній та середній валки каландра нагрівають до температури 50–90°С, а нижній охолоджують до 15°С.

Витискування виконують за допомогою нагрітого циліндра та матриці аналогічно процесові екструдування пластмас.

Пресування здійснюють у підігріваних прес-формах з тиском 2–10 МПа. Пресуванням з сирої гуми чи прогумованої тканини виготовляють клинуваті ремені, манжети, муфти, діафрагми тощо.

Лиття під тиском гуми аналогічне литтю пластмас.

Вулканізація – це процес термічної обробки під тиском заготовок із сирої гуми для отримання заданих фізико-механічних властивостей. Вулканізацію виконують в автоклавах і котлах при температурі 130–150° С і тиску 0,1–0,4 МПа.

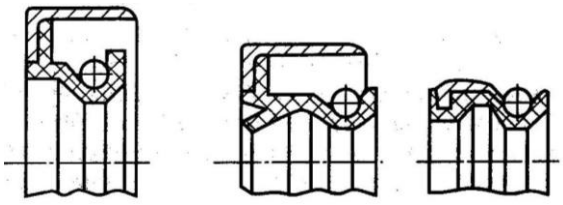
Конструювання заготовок з пластмас і гуми

Під час конструювання заготовок з пластмас і гуми враховують технічні вимоги до їх конструктивних форм і експлуатаційних характеристик, фізико-механічні властивості матеріалів та особливості способів їх виготовлення.

Завдяки значному розмаїттю пластмас заготовки можуть виготовлятися різними способами, тому слід брати до уваги і правила та рекомендації для забезпечення технологічності їх конструкцій. Здебільшого вони викладені у відповідних розділах для конструювання заготовок, виконаних аналогічно з металів і сплавів (литтям, штампуванням, пресуванням, формуванням тощо) з урахуванням особливостей пластмас і гуми. Конструюючи гумові заготовки враховують можливості значної еластичності та пружності гуми, що дає змогу спрощувати конструкції пресформ і штампів.

Значне місце в конструюванні заготовок займає їх армування металевими деталями (штифтами, втулками, контактами, пелюстками, дротиками тощо). Для закріплення арматури в заготовках застосовують фігурні виточування, накатування поверхонь, отвори, пази, загинання, розплющування тощо. Арматура не повинна розташовуватись близько до країв заготовки, перетин арматури має бути значно меншим за перетин тіла заготовки тощо.

Армування пластмас дало змогу: розширити кількість різноманітних за формою та розмірами деталей, збільшити їх міцність і довговічність. Рідше застосовується армування гумових заготовок, найбільш розповсюджені ущільнювачі, муфти, демпфери, упори тощо. На рис. 2.28 зображені деякі конструкції ущільнювачів, що армовані штампованими з листових сталей кільцями та втулками, Такі ущільнювачі запобігають виходу мастильних рідин з внутрішніх порожнин через отвори для обертальних валів діаметром від 2 до 200 мм і більше.



а) *б)* *в)*

Рисунок 2.28 − Конструкції армованих гумових ущільнювачів для великих (*а*), середніх (*б*) і малих (*в*) розмірів

Значну увагу в процесі конструювання пластмасових та гумових заготовок приділяють добору марки матеріалу, беручи до уваги не тільки його фізико-механічні й технологічні властивості, а й шкідливість їх для здоров’я людей. Деякі матеріали в нормальних умовах не шкідливі для здоров’я людей, та при підвищених температурах у процесі їх виготовлення виділяють шкідливі випари. Більшість пластмас і гума горять при низьких температурах, що створює підвищену пожежонебезпеку.

Точність розмірів заготовок з пластмас і гуми залежить також від стабільності фізико–механічних характеристик використовуваних матеріалів, як під час виготовлення заготовок, так і під час їх експлуатації. Розміри заготовок, отриманих в одній частині пресформи, залежно від властивостей матеріалу та якості пресформи можуть перебувати в межах 6–15 квалітетів точності.

Характеристики матеріалів, що суттєво впливають на якість виготовлюваних заготовок, наводяться в довідковій та спеціальній літературі.

Допуски та посадки для гладких деталей з пластмас розмірами від 1 до 500 мм регламентовані державними стандартами. Порівняно з металами пластмаси та гуми змінюють розміри залежно від температури та часу.

Шорсткість поверхонь пластмасових і гумових заготовок залежить від марки матеріалу, режимів виготовлення та якості поверхонь форм, тому шорсткість поверхонь пластмасових і гумових заготовок може становити 0,125 мкм за параметром *Ra*. Поверхні, точність яких у процесі виготовлення заготовки забезпечити неможливо чи недоцільно, обробляють різальними інструментами, для чого у конструкціях заготовок передбачають відповідні припуски на механічну обробку. Параметри шорсткості механічно оброблених поверхонь значно нижчі і можуть становити 5...10 мкм.

Наведемо загальні рекомендації для конструювання заготовок з пластмас і гуми:

1. Щоб усунути можливість жолоблення заготовок, потрібно забезпечити рівномірність товщини стінок та мінімізацію їх товщини.

2. У заготовках, що виготовляються пресуванням і литтям, слід передбачати галтелі радіусами від 0,5 до 4 мм.

3. З метою зменшення маси заготовок у їх конструкціях передбачають коробчасті форми, ребра, виїмки, западини, отвори тощо.

4. Доцільно спрощувати форму заготовок, уникати складних геометричних поверхонь, гострих кутів, бічних виступів і западин, передбачати технологічні нахили, плавні потовщення стінок тощо.

5. Слід керуватися рекомендаціями довідкової літератури щодо встановлення для кожного зі способів виготовлення та матеріалів мінімальних розмірів товщин стінок, діаметрів отворів, різей тощо.

6. Металеву арматуру в заготовках розташовують рівномірно по її перетині та паралельно до напрямку пресування.

7. В опорних поверхнях виконують невеликі за розмірами виступи, бурти, бобишки тощо.

8. Щоб спростити виготовлення пресформ, написи та рисунки на поверхнях заготовок роблять випуклими або електроіскровими способами.

Оформлення робочих креслень на пластмасові та гумові заготовки

Робочі креслення виконують згідно з вимогами стандартів ЄСКД. На кресленні слід зобразити мінімальну та достатню кількість видів, проекцій та перетинів заготовки, в яких визначено її форму, розміри, взаємне розташування поверхонь, їх шорсткість тощо. Всі технічні вимоги, що не можуть бути зображені графічно, записують на полі робочого креслення текстом. За значного обсягу їх записують у технічних умовах, оформлених окремим документом. Технічні вимоги, що ставляться до різних заготовок, можуть оформлятися як стандарти. Для заготовок, армованих металевими вкладами, робоче креслення виконують за вимогами виконання складальних креслень.

У них подаються специфікація деталей, якими армується заготовка, та технічні вимоги для виготовлення пластмасової заготовки (форма, розміри, шорсткість поверхонь, покриття тощо).

Точність форми, розмірів і якість поверхонь пластмасових і гумових заготовок здебільшого визначаються інструментом (формами, штампами), за допомогою яких вони виготовляються. Тому у кресленнях заготовок часто вказують вимоги до якості поверхонь і точності розмірів інструментів, а не заготовок.

До основних технічних вимог, перелічених у кресленнях заготовок, відносяться: хімічний склад; стан постачання; умовне позначення та техпроцес виготовлення сирої суміші; види і форма, розміри та кількість припустимих дефектів заготовок і способи їх усунення; технологічні нахили та радіуси заокруглень; види та режими термічної обробки; способи та засоби контролю якості заготовок; місце маркування та його зміст.

2.7. Попередня обробка заготовок

Підготовка заготовок для обробки на металорізальних верстатах полягає в тому, що заготовкам надається такий стан або вид, при якому можна проходити механічну обробку. Підготовка має різний характер в залежності від виду заготовок і проводиться в цехах, де вона була виготовлена. Відливки після виймання з форм піддаються обрубуванні та очищенні. Ці операції виконуються в ливарному цеху. Ливники, напуски, приливи та інші нерівності виливка або зрубуються вручну зубилом і зачищаються напильником, або видаляються за допомогою пневматичних зубил, циркулярних пил та абразивних кругів. Очищення литва від пригорілого до його поверхні формотворного матеріалу проводиться різними методами: на дрібометних установках з механічною подачею дробу, обертовими або ручними дротяними щітками, на абразивних верстатах, абразивними кругами з гнучким валом та інше.

При швидкому охолодженні сірого розплавленого чавуну зовнішній шар відливки швидко охолоджується і виріб отримує тверду білу плівку (відбілювання). Для зменшення твердості цієї плівки відливки піддають відпалу, завдяки чому покращуються умови обробки заготовки.

Для запобігання від окислення заготовок, що може привести до пошкодження і руйнування металу, простим заходом є фарбування. Фарба повинна добре прилягати до поверхні металу та не давати тріщин, вона не повинна пропускати вологу та роз'їдати метал. При тривалому зберіганні заготовок фарбування слід поновлювати. Найчастіше для цієї мети використовують охру (із окисів заліза) та сурик (із окисів свинцю). Фарби із окисів заліза не можна рахувати придатними для захисту металів, швидше навпаки, вона сприяє їх псуванню. Найкращою фарбою є сурик, який добре прилягає до поверхні заготовки і не окислює метал.

Для зручності зберігання та сортування заготовок та найшвидшої їх подачі на робочі місця, а також для запобігання змішування в цехах та на складах заготовки маркують по встановленому на даному заводі порядку, якщо маркування не стандартизоване. Маркування проводиться фарбами різних кольорів, умовними позначеннями, буквеними або цифровими, або у вигляді відбитка – клейма.

Сучасна підготовка заготовок забезпечує найбільш швидке та економічне виконання обробки заготовки в механічному цеху. Підготовлені належним чином заготовки потрапляють безпосередньо на склад цеху або на верстат; в цеху вони не потребують ніяких додаткових операцій перед обробкою.

Старіння заготовок

Старіння використовують для того, щоб привести структуру виливки до рівноважного стану, тобто звільнити заготовку від внутрішніх напружень, які виникають при охолодженні металу або при попередній механічній обробці (обдиранні). Старіння буває природнім та штучним. Метод природного старіння полягає в тому, що заготовка після лиття або обдирання витримується на відкритому повітрі під дією атмосфери на протязі 0,5–6 місяців і більше. Оскільки цей процес досить тривалий, то здебільшого використовують штучне старіння. Штучне старіння, як правило, здійснюється за допомогою термообробки заготовок шляхом нагрівання їх в печі (електричній, газовій, нафтовій та ін.) при температурі 500°С, витримки на протязі 12–15 годин та охолодження на протязі 2,5–3 годин разом з піччю, після чого заготовки охолоджуються на повітрі. Іноді штучне старіння виконують іншим чином, наприклад обстукуванням деталі, яка підвішена на блоці, струшуванням, пропусканням електричного струму, пропусканням деталі через машину для миття з холодною та гарячою водою, шліфуванням поверхонь, які не будуть оброблятись, ручними шліфувальними кругами. Старіння застосовують переважно для великих литих деталей, від яких вимагається стабільність форми та розмірів, наприклад для станин металорізальних верстатів.

Контрольні запитання до розділу

1. Які є види заготовок?
2. Як виготовляють заготовку з прокату?
3. У чому полягає суть виправлення прокату?
4. У чому полягає суть розкрою металу?
5. У чому полягає суть різання металу?
6. У чому полягає різання труб на штампах?
7. У чому полягає суть гнуття заготовок із прокату?
8. Які є види лиття?
9. Що таке рідкотекучість розплавленого металу?
10. Що таке усадка металу?
11. Що таке залишкові термічні напруження?
12. Охарактеризуйте основні види ливарного браку.
13. Що таке недолив?
14. По яких параметрах необхідно проводити оцінку якості литих заготовок?
15. З яких операцій складається технологічний процес кування і гарячого штампування?
16. Назвіть переваги штампування на КГШ.
17. Охарактеризуйте процеси виготовлення гвинтових заготовок.
18. Охарактеризуйте різні види пластмас.
19. Що таке гума?
20. У чому полягає суть пневматичного формування?
21. У чому полягає суть вакуумного формування?
22. У чому полягає суть штампування термопластів?
23. Що таке вулканізація?
24. У чому полягає суть контактного формування?
25. У чому полягає суть вихрового напилювання?

РОЗДІЛ 3

БАЗУВАННЯ ТА ЗАКРІПЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ В ПРИСТРОЯХ ПРИ ОБРОБЦІ

3.1. Способи встановлення заготовок при обробці

Встановлення оброблюваної заготовки на верстаті повинно забезпечувати таке її положення відносно верстату та інструменту, при якому розміщення оброблюваних поверхонь відносно інших поверхонь деталі точно відповідало б вимогам креслення. Закріплення заготовки на верстаті повинно бути надійним та гарантувати незмінність її положення в процесі обробки.

Встановлення заготовок для обробки може здійснюватись трьома основними способами:

1) заготовка встановлюється безпосередньо на столі верстата чи в універсальному пристосуванні і закріплюється остаточно після вивірки її положення;

2) перед встановленням на верстат заготовка розмічається, а потім виставляється та закріплюється на верстаті по розмітці. Розміткою називається нанесення на заготовку осей та ліній, що визначають положення оброблюваних поверхонь;

3) заготовка встановлюється в спеціальне пристосування, яке фіксує її положення на верстаті та служить для закріплення.

Перші два способи встановлення дуже трудомісткі, а тому застосовуються тільки в одиничному та дрібносерійному виробництві, коли економічно недоцільно виготовляти спеціальні пристосування через малу виробничу програму. В серійному та масовому виробництві, зазвичай, для встановлення та закріплення деталей при обробці застосовуються пристосування, в яких заготовка базується – встановлюється в необхідне положення, за рахунок контакту базувальних поверхонь деталі з установочними елементами пристосування.

Враховуючи, що виробництво автомобільної техніки у більшості випадків організовується за принципом крупносерійного та масового виробництва. Тому розглядаючи питання базування деталей при обробці будемо мати на увазі виготовлення деталей в пристосуваннях на налагоджених верстатах.

3.2. Види баз

Базою називається сукупність поверхонь, ліній та точок деталі, відносно яких визначається положення інших поверхонь, ліній та точок. Розрізняють бази конструкторські та технологічні.

Технологічною називають базу, що використовується в процесі обробки для встановлення деталі на верстаті чи в пристосуванні і для виміру.

Конструкторською називають базу, відносно якої на робочому кресленні деталі координовано розмірами та допусками положення інших поверхонь, ліній та точок деталі.

Конструкторські бази можуть бути реальними, якщо являють собою матеріальну поверхню, і геометричними, якщо вони є осьовими лініями чи точками. Якщо є можливість, то завжди краще приймати за конструкторську базу реальну поверхню, оскільки це дозволить прийняти її не тільки за конструкторську, але і за технологічну базу при обробці деталі.

При виборі конструкторської бази і постановці розмірів необхідно, в першу чергу, враховувати умови роботи деталі в машині з тим, щоб забезпечити правильне положення деталі відносно інших спряжених з нею деталей. Зазвичай конструкторські бази виявляються з розрахунку розмірних ланцюгів для вузлів машини. Однак одночасно необхідно враховувати умови виготовлення деталі. Для цього конструктор повинен вже при розробці робочих креслень деталі уявляти собі технологічний процес її виготовлення та бази, які можуть бути прийняті за технологічні. Простановку розмірів для забезпечення більшої точності при обробці слід здійснювати переважно від технологічних баз. Вибір конструкторських баз та прийнята простановка розмірів повинні по можливості забезпечити в умовах серійного та масового виробництва: 1) можливість суміщення конструкторської та технологічної баз; 2) отримання розмірів деталі при обробці на верстатах за налагодженими операціями; 3) застосування найбільш простих пристосувань, різального та вимірювального інструменту; 4) надійність та простоту обміру деталі на верстаті при обробці та при кінцевому контролі; 5) відсутність необхідності в перерахунку розмірів при виготовленні та обмірі деталей (дотримання правила простановки розмірів між оброблюваними та базовими поверхнями); 6) раціональну послідовність операцій обробки деталей; 7) дотримання принципу найкоротших розмірних ланцюгів.

Технологічні бази поділяються на установочні та вимірні. **Установочна база** – сукупність поверхонь деталі, по яких заготовка встановлюється для обробки. Вона визначає положення деталі відносно верстата, пристосувань та різального інструменту. **Вимірна база** – сукупність поверхонь деталі, від яких безпосередньо проводиться вимірювання розмірів оброблюваної деталі. За установочні та вимірні поверхні можуть умовно прийматися не тільки поверхні, а також лінії та точки.

Установочна база може бути основною чи допоміжною. **Основною** називається база, що відіграє важливу роль в процесі роботи деталі в машині, наприклад, якщо поверхня, прийнята за базу, спряжена з іншими деталями машини. Основними базами звичайно є остаточно оброблені поверхні. **Допоміжною** називається база, що створюється штучно, тільки для того, щоб полегшити встановлення деталей при обробці. Прикладом допоміжної бази є центрові отвори, що застосовуються при обробці валів.

Установочна база називається **опорною**, якщо оброблювана заготовка безпосередньо опирається своєю установочною базою на відповідні установочні елементи верстата чи пристосування. Використання установочних

баз як опорних при обробці деталей на налагоджених верстатах сприяє отриманню стабільних розмірів, необхідної точності деталі та полегшує наладку верстату. Тому воно широко поширене в крупносерійному та масовому виробництві.

Для литих, кованих та штампованих заготовок за базу при їх обробці на першій операції приходиться приймати необроблені поверхні. Така база називається **чорновою**. Користуватись чорновою базою слід тільки один раз, оскільки повторне її використання обов'язково викличе значні похибки при обробці. Тому при першій операції обробки деталі рекомендується обробляти ту поверхню, яка може бути прийнята для подальших операцій в якості установочної бази (бажано постійної).

При виборі чорнової бази слід виходити з наступних міркувань:

1. Базові поверхні повинні бути, по можливості, рівними та чистими, точної форми та розмірів, на них не повинні розміщуватись роз'єми ливарних форм та штампів, ливники та прибутки. Вони повинні бути вибрані з тих поверхонь, які найбільш стабільно отримуються в процесі виготовлення заготовок в якості мінімального їх зміщення відносно інших поверхонь деталі. Наприклад, не рекомендується приймати за базові ті поверхні, які утворюються в литих заготовках стержнями, оскільки в багатьох випадках стержні можуть зміщуватись в процесі відливки.

2. Якщо в деталі обробляються не всі поверхні, то за чорнову базу слід приймати поверхні, що залишаються необробленими. Це забезпечить правильне взаємне розміщення оброблених поверхонь відносно необроблених.

3. Якщо в деталі обробляються всі поверхні, то в якості базової слід приймати ту поверхню, яка має найменший припуск. Це дозволить виключити появу необроблених місць на оброблюваних поверхнях.

Конструктору ще при розробці креслення деталі необхідно передбачити, які поверхні будуть чорновими базами та надавати їм форму, зручну для їх використання в якості базуючих. Бази для подальшої обробки деталей повинні вибиратись, виходячи з наступних умов:

1. В якості установочної та вимірної бази слід вибирати по можливості основні бази чи ті поверхні, від яких подані розміри з допусками. Бажано, щоб технологічні бази співпадали з конструкторськими. Це дозволить забезпечити більшу точність обробки деталей.

2. Потрібно прагнути до того, щоб вибрані за базу поверхні можна було використати в якості бази для всіх чи для більшості операцій обробки деталі.

3. Базувальні поверхні повинні бути по своїм розмірам та формі такими, щоб забезпечити просте та надійне закріплення деталі в пристосуванні із зручним встановленням та зняттям деталей, не допускати деформацій деталі від зусиль, що виникають при її закріпленні та в процесі різання.

4. Вибрана база не повинна викликати необхідності застосування складних, дорогих пристосувань.

5 Вимірювальна база повинна забезпечувати зручність та необхідну точність промірів.

3.3. Схеми базування деталей

Положення будь-якої поверхні заготовки може бути визначено тільки відносно інших поверхонь, умовно прийнятих за координатні. Абсолютно тверде вільне тіло має відносно координатних вісей шість ступенів вільності. Ці шість ступенів вільності зводяться до трьох можливих переміщень вздовж трьох осей координат і трьох можливих обертанньо, щодо тих же осей (рис. 3.1), тобто положення тіла визначається шістьма координатами відносно трьох координатних площин. Будь-яка координата позбавляє тверде тіло однієї степені вільності.

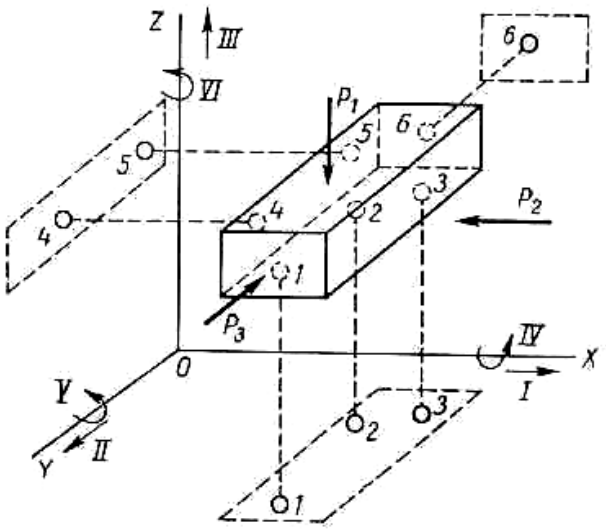


Рисунок 3.1 − Схема базування призматичної заготовки

При базуванні призматичної заготовки три координати, що зв'язують нижню поверхню заготовки з координатною площиною XOY, визначають відстань між трьома точками цієї поверхні, позбавляючи одночасно заготовки трьох ступенів вільності, тобто можливості переміщатися вздовж осі OZ, і обертатися навколо осей OY і OX. Дві координати, що визначають відстань між двома точками іншої поверхні заготовки щодо координатної площини XOZ, одночасно позбавляють її можливості переміщатися вздовж осі OY і обертатися навколо осі OZ, тобто позбавляють заготовку ще двох ступенів вільності. Шоста координата визначає положення однієї точки третьої поверхні заготовки щодо координатної площини ZOY позбавляючи її, останньої степені вільності – переміщення уздовж осі OX. Якщо розглядати координатні площини як поверхні верстата або пристосування і приводити в зіткнення з ними відповідні поверхні встановлюваної заготовки, то шість координат перетворяться в шість опорних точок. Таким чином, для визначення розташування заготовки необхідно і досить шести опорних точок.

Щоб забезпечити досить визначене положення деталі при встановленні її на верстаті, необхідно позбавити її всіх шести степеней вільності. Позбавлення деталі тієї чи іншої степені вільності здійснюється за рахунок притискання її до однієї з нерухомих точок установочних елементів пристосування. Таким чином, для того, щоб позбавити заготовка всіх шести степенів вільності, слід забезпечити силовий контакт поверхонь деталі в пристосуванні з шістьма нерухомими точками. В цьому полягає правило шести точок чи шести степенів вільності. Ці шість точок повинні бути розміщені в трьох взаємно перпендикулярних площинах (в системі прямокутних координат): три опорні точки (1, 2 і 3) в площині XY, дві направляючі точки (4 і 5) – в площині YZ і

одна упорна точка (6) в площині XZ. Лишніх установочних точок (більше шести) слід уникати, оскільки вони можуть тільки завадити правильно встановити заготовка. Для деталі з плоскими поверхнями три опорних точки можуть бути замінені площиною.

В залежності від числа та напрямку розмірів, витриманих при даній операції, установочна база може складатись з однієї, двох чи трьох базувальних поверхонь. При цьому заготовка відповідно позбавляється трьох, чотирьох чи шести степенів вільності. Встановлення деталі в центрах позбавляє її п'яти степеней вільності. Базування циліндричної деталі в призмі позбавляє її чотирьох степеней вільності.

В деяких випадках при встановленні деталі для обробки не вимагається позбавляти заготовку всіх степенів вільності. Так, деталі, оброблювані на верстатах типу токарних, повинні позбавлятися тільки п'яти степеней вільності (залишається обертання навколо осі), плоскі деталі, оброблювані на плоскошліфувальних верстатах, звичайно позбавляються тільки трьох степеней вільності. При розробці схеми базування слід враховувати, що чим більше опорних установочних точок повинно мати пристосування, тим складнішим воно є за конструкцією. Тому потрібно позбавляти заготовку тільки тих степенів вільності, які можуть відобразитись на точності обробки. Наприклад, при обробці площини А призматичної деталі на фрезерному верстаті (рис. 3.2) встановлення на столі верстату може бути здійснене з однією базувальною поверхнею Б, бо для отримання заданого розміру *h* орієнтування деталі в напрямку горизонтальних осей координат не має значення. Бокові поверхні деталі можуть бути використані не для орієнтації її положення, а тільки для закріплення. Для надійного встановлення заготовка при обробці повинна бути притиснута одночасно до всіх опорних точок, що позбавляють її степеней вільності.

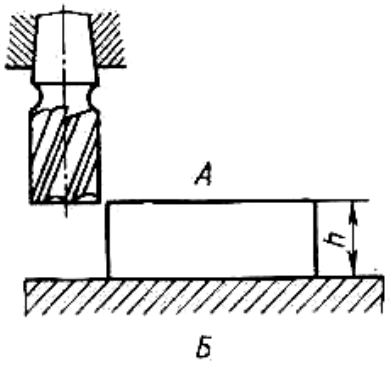


Рисунок 3.2 − Схема базування призматичної деталі при фрезеруванні площини

3.4. Принцип суміщення та постійності баз

Вибір технологічних баз та базувальних поверхонь є одним із найважливіших питань, які необхідно розв'язувати при проектуванні технологічних процесів механічної обробки. Від правильності вибору баз в значній мірі залежить фактична точність виконання розмірів, заданих кресленням, досягнення правильного взаємного розміщення оброблюваних поверхонь, степінь складності конструкції пристосування, різальних та вимірювальних інструментів, трудоємкість та собівартість обробки.

Принцип суміщення баз вимагає, щоб за технологічні бази (установочну та вимірювальну) для обробки кожної поверхні деталі приймались ті ж елементи деталі, які в робочому кресленні служать по відношенню до даної

поверхні конструкторською базою. Дотримання принципу суміщення баз виключає відхилення від заданих кресленням розмірів при обробці за рахунок похибок взаємного розміщення баз. Порушення цього принципу при роботі на налагоджених верстатах звичайно призводить до того, що приходиться здійснювати перерахунки розмірів та допусків, вводити більш жорсткі технологічні допуски на обробку окремих поверхонь, викликає похибки вимірювань. У випадках, коли не можна сумістити технологічні бази з конструкторськими, наприклад, коли за конструкторську базу прийнята геометрична лінія чи вісь, слід вибирати в якості установочної бази ту з поверхонь деталі, яка найбільш точно розміщена відносно конструкторської бази.

При виборі баз треба намагатися, щоб обробку всіх чи більшості поверхонь виконувати користуючись однією і тією ж (постійною) установочною базою. В цьому полягає принцип постійності бази. Дотримання принципу постійності баз виключає похибки розміщення установочних баз при обробці деталей. При окремих рівних умовах найменших похибок при обробці можна досягнути в тому випадку, коли весь процес обробки ведеться від однієї бази з одним встановленням. При такому способі обробки повністю виключаються похибки базування та встановлення, а точність обробки деталі залежить тільки від точності верстату, інструмента та наладки. Концентрація обробки на одному агрегатному багатошпиндельному верстаті із застосуванням складного фасонного багатолезового інструмента дозволяє (в окремих випадках) здійснювати обробку всіх відповідальних поверхонь деталі за одну операцію при одному встановленні.

У масовому виробництві при механічній обробці деталей все ширше застосовується принцип концентрації операцій, який поряд з підвищенням продуктивності праці за рахунок суміщення виконання операцій в часі, забезпечує і більшу точність оброблення деталей. Однак практично здійснити обробку складних деталей за одне встановлення вдається не завжди. Приходиться ряд операцій здійснювати на інших верстатах, при декількох встановленнях. Для того, щоб при цьому мати менше похибок базування, слід при розробці технологічного процесу дотримуватись принципу суміщення та постійності баз.

3.5. Похибки базування

Похибки базування при встановленні деталі для обробки виникають в тих випадках, коли установочна база не співпадає з конструкторською. При проектуванні технологічних процесів в таких випадках необхідно перевірити, чи допустима виникаюча похибка базування, чи вона може викликати відхилення в розмірах деталі, що перевищують заданий допуск. Для цього необхідно визначити розрахунком дійсну величину похибки базування та співставити її з максимально допустимою. Розрахунок дійсних величин похибки базування проводиться на основі розв’язку відповідних геометричних задач. Допустиме значення похибки базування визначається з умови, щоб

сумарна похибка обробки не перевищувала заданого кресленням допуску на розмір деталі. Сумарна похибка обробки є сумою окремих похибок, що породжуються різними причинами та викликають розсіювання розмірів деталі, оброблюваної на налагоджених верстатах з автоматичним отриманням розмірів.

Максимально допустима похибка базування може бути визначена, як різниця між допуском на розмір деталі та сумою всіх інших похибок обробки. Існують різні методи диференційованого визначення похибок обробки за різними причинами, але у зв'язку з тим, що встановити заздалегідь при проектуванні технологічного процесу величину кожної з окремих похибок з достатньою точністю не є можливим, практично користуватись ними є складно. Тому для практичних розрахунків може бути прийнята запропонована проф. А.Б. Яхніним методика наближеного визначення допустимої похибки базування за формулою:

$$\varepsilon_{доп} = \delta - \omega, \qquad (3.1)$$

де $\varepsilon_{доп}$ – максимально допустима похибка базування; δ – допуск на розмір деталі; ω – точність обробки, яка отримується при виконанні даної операції без врахування похибки базування.

При відсутності більш обумовлених даних можна в якості першого наближення приймати значення ω на основі таблиць середньої економічної точності оброблення.

Розглянемо декілька випадків розрахунку похибок базування на прикладах. Розрахунок зводиться до визначення допустимої похибки базування та співставлення її з похибкою, що отримується в результаті несуміщення установочної бази з конструкторською. У випадку, коли дійсна похибка отримується більше допустимої, приймається інша схема базування чи встановлюються на основі розрахунку більш жорсткі технологічні допуски на розміри, що впливають на похибку базування.

На рис. 3.3 зображений ескіз деталі, в якій необхідно профрезерувати паз шириною 10 мм та глибиною 16 мм. Конструкторською базою для розміру 16 (рис. 3.3,а) є поверхня А. Найбільш зручною для обробки установочною базою є поверхня Б. При такій схемі базування заготовка може бути закріплена на столі верстату в дуже простому за конструкцією пристосуванні.

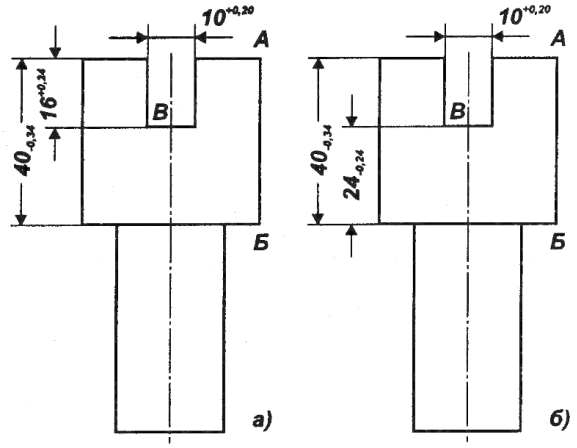


Рисунок 3.3 – Ескізи деталі з різним проставленням розмірів

Визначаємо допустиму похибку базування. За таблицями середня економічна точність для фрезерування лежить в межах 11–12 квалітетів. Приймаємо точність обробки для розміру 16 по 11–му квалітеті ω = 0,12 мм. За формулою 3.1 допустима похибка базування:

$$\varepsilon_{доп} = \delta - \omega = 0{,}24 - 0{,}12 = 0{,}12 мм.$$

При наміченій схемі базування (установочна база – поверхня Б) дійсна похибка базування буде рівна допуску на розмір 40, оскільки при роботі на налагодженому верстаті буде постійно витримуватись розмір від установочної бази до оброблюваної поверхні В і, відповідно, глибина фрезерованого паза буде безпосередньо залежати від коливань розміру 40. Максимальна глибина паза буде при найбільшій висоті головки Н = 40 мм, а мінімальна глибина – при найменшій висоті Н = 40 – 0,34 = 39,66 мм. Таким чином, розсіювання розмірів по глибині паза буде лежати в межах 0,34 мм або $\varepsilon_{дійсне}$ = 0,34 мм, тобто $\varepsilon_{дійсне} \succ \varepsilon_{доп}$.

Співставлення дійсної похибки базування з допустимою показує, що намічена схема базування при роботі на налагоджених верстатах прийнята бути не може, так як в результаті великого розсіювання розміру 40 при фрезеруванні паза частина деталей буде мати відхилення по глибині паза більше допустимих.

Якщо прийняти за конструкторську базу при постановці розміру на глибину паза поверхню Б (рис. 3.3,б), то похибки базування не буде і обробка на налагоджених верстатах може здійснюватись нормально. У випадку неможливості за конструктивними міркуваннями прийняти за конструкторську базу поверхню Б, необхідно буде здійснити одне з наступних мероприємств:

1. Змінити схему базування. Якщо в якості установочної бази прийняти поверхню А, то ми сумістимо установочну базу з конструкторською і зможемо позбавитись похибки базування. Однак це рішення викличе необхідність застосувати більш складне пристосування з підтисканням деталі до установочної поверхні пристосування знизу. При цьому на встановлення та закріплення деталі буде витрачатись значно більше часу.

2. Встановити більш жорсткий технологічний допуск на розмір 40. Величина допуску на розмір 40 в цьому випадку повинна бути зменшена до значення, рівного $\varepsilon_{доп}$ = 0,12 мм.

3. Якщо конструкція деталі дозволяє збільшити допуск на розмір 16, то слід поставити перед конструктором питання про зміну в кресленні деталі цього допуску до величини $\delta = \omega + \varepsilon_{доп} = 0{,}12 + 0{,}34 = 0{,}46 мм.$

Для циліндричних базувальних поверхонь в якості прикладів розрахунку похибок базування через несуміщення баз може служити досить поширений в практиці випадок – фрезерування шпоночного паза на поверхні вала. Для встановлення деталі при обробці в таких випадках звичайно застосовується призма, яка добре забезпечує точність розміщення паза відносно осі вала (рис. 3.4). При такому способі базування технологічна база не буде співпадати з конструкторською. В результаті цього заданий кресленням розмір *m* буде при обробці з одного налагодження отримуватись різним, в залежності від діаметру

фрезерованого вала. Ця зміна розміру *m* буде похибкою базування. Величина похибки в розглянутому нами прикладі буде залежати від допуску на діаметр вала та кута призми. ЇЇ можна визначити з допомогою геометричних побудов.

Похибка базування для випадку а (рис. 3.4,а) буде:

$$\varepsilon_{дійсне} = \frac{\delta_D}{2}\left(\frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}} - 1\right), \qquad (3.2)$$

де δ_D – допуск на діаметр вала; α – кут призми.

При куті $\alpha = 90^0$ похибка базування $\varepsilon_{дійсне} = 0{,}2\delta_D$; при куті $\alpha = 60^0$ відповідно $\varepsilon_{дійсне} = 0{,}5\delta_D$.

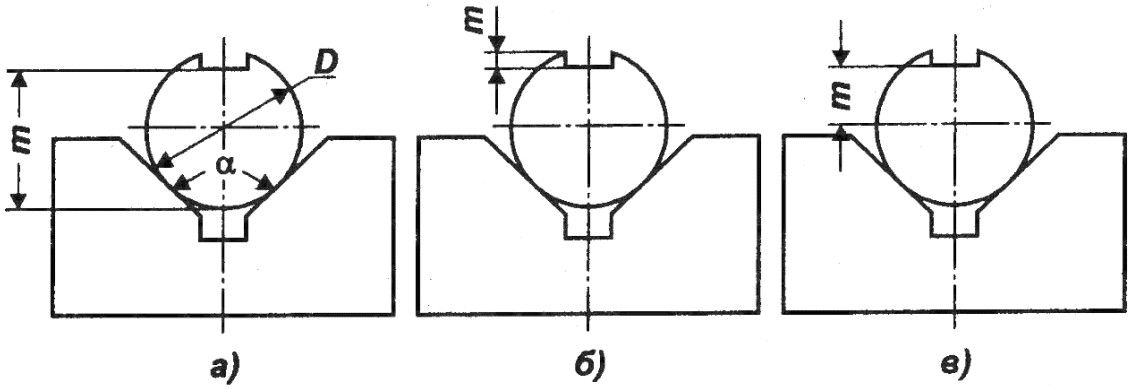


Рисунок 3.4 − Схема базування циліндричної деталі

Слід відзначити, що нами в прикладі був прийнятий найбільш сприятливий випадок проставлення розміру глибини паза з точки зору похибки базування. Якщо б цей розмір був проставлений так, як це показано на рис. 3.4,б і рис. 3.4,в, то похибка базування була б ще більшою. При $\alpha = 90^0$ для випадку б (рис. 3.4,б) $\varepsilon_{дійсне} = 1{,}21\delta_D$, для випадку в (рис. 3.4,в) $\varepsilon_{дійсне} = 0{,}7\delta_D$.

Розглянемо можливість виконання операції фрезерування шпоночного паза для вала діаметром 50 мм з допуском на діаметр по 12-му (0,34 мм), а на глибину паза по 11-му (0,17 мм) квалітетам (рис. 3.5). Середня економічна точність фрезерування такого паза – 0,08 мм. Допустима похибка базування $\varepsilon_{доп} = 0{,}17 - 0{,}08 = 0{,}09 мм.$ За схемою базування при призмі з кутом 90^0 дійсна похибка $\varepsilon_{дійсне} = 0{,}2\delta_D = 0{,}2 \cdot 0{,}34 = 0{,}068 мм.$ Оскільки дійсна похибка базування менша допустимої, фрезерування паза за наміченою схемою базування може здійснюватися.

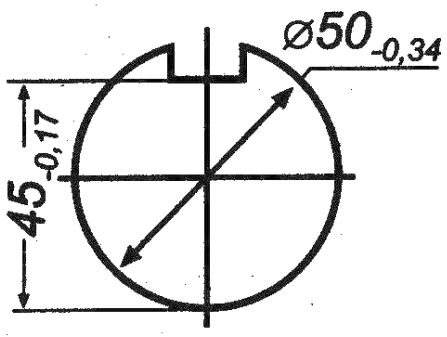


Рисунок 3.5 − Ескіз вала зі шпоночним пазом

3.6. Пристосування для механічної обробки

Пристосуваннями, що застосовуються при механічній обробці деталей, називаються **допоміжні пристрої до верстатів**, які служать для встановлення та закріплення оброблюваних деталей. Пристосування для свердління отворів звичайно називаються **кондукторами**.

Пристрої, призначені для встановлення та закріплення різального інструменту на верстатах, називаються **допоміжним інструментом**.

При обробці пристосування орієнтує заготовку відносно різального інструменту чи верстату. Використання пристосувань значно підвищує продуктивність праці за рахунок зменшення витрат часу на встановлення та закріплення деталей, а також можливості застосовувати більш високі режими різання в зв'язку з надійністю закріплення деталей.

Обробка деталей в пристосуваннях забезпечує стабільну високу точність виготовлення деталей. За рахунок застосування різноманітних пристосувань досягається розширення технологічних можливостей верстату. Пристосування можуть бути універсальними та спеціальними.

Універсальні пристосування використовуються при обробці різних деталей. Вони зазвичай в певному комплекті прикладаються в якості додатків до верстатів. Застосовуються універсальні пристосування в основному при одиничному та серійному виробництві.

Спеціальні пристосування призначені для виконання якої-небудь однієї операції певного технологічного процесу обробки деталі. Вони хоч і більш продуктивні, однак застосування їх в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва не оправдовується економічно, бо затрати на їх виготовлення не окуповуються при невеликих кількостях випущених деталей. Тому в умовах серійного та особливо дрібносерійного виробництва все ширше починають застосовуватись універсально-налагоджувальні, складально-розбірні та універсально-складальні пристосування.

Універсально-налагоджувальні пристосування характерні тим, що можуть бути використані для обробки різних, подібних за конструкцією деталей, що відрізняються лише розмірами, шляхом відповідного налагоджування та зміни у випадку необхідності деяких деталей пристосування. Вони більш продуктивні, ніж звичайні універсальні пристосування. Універсально-налагоджувальні пристосування складаються з універсального блоку та змінних наладок. Звичайно за одним блоком закріплюється до 40 і більше змінних наладок, що дозволяє використовувати універсально-налагоджувальні пристосування для обробки групи деталей, що мають конструктивно–технологічну подібність. Універсально-налагоджувальні пристосування можуть оснащуватись механічним приводом, що забезпечує різке скорочення часу на закріплення та відкріплення деталей.

Замінюючи змінну площадку, на яку встановлюється оброблювана заготовка та змінюючи положення площадки відносно вісі обертання патрона, є можливість вести обробку різних деталей, використовуючи один патрон. При заміні площадки другим кулачком патрон може служити як двохкулачковий, з

незалежним переміщенням (якщо встановити два гвинта для переміщення кулачків) або самоцентрувальний (якщо встановити один гвинт з правою чи лівою різьбою).

Складально-розбірні пристосування відрізняються тим, що складаються з нормалізованих вузлів та спеціальних елементів. Нормалізованими є основні, найбільш металоємкі та трудоємкі вузли, що займають у вартості пристосування від 65% до 85% (вони можуть багатократно використовуватись в різних робочих компоновках). Таким чином, перевагою складально–розбірних пристосувань є те, що вони фактично застосовуються як спеціальні пристосування, але при зміні об'єкта виробництва основна частина їх може бути використана для виготовлення пристосувань на інші деталі. Це значно знижує витрати на виготовлення пристосувань.

Універсально-складальні пристосування (УСП) складаються з нормалізованих деталей та вузлів (рис. 3.6 та рис. 3.7), причому з комплекту таких деталей та вузлів можуть складатись пристосування для любої деталі та любої операції. Для пристосувань за системою УСП креслення розробляються тільки на деталі, що входять у комплект. Компоновка деталей та складання пристосування на ту чи іншу операцію обробки здійснюється безпосередньо за кресленням деталі та виконується бригадою слюсарів без розробки складального креслення. Застосовуються універсально-складальні пристосування для різноманітних процесів, але найбільш успішно – для різних фрезерних та свердлильних робіт.

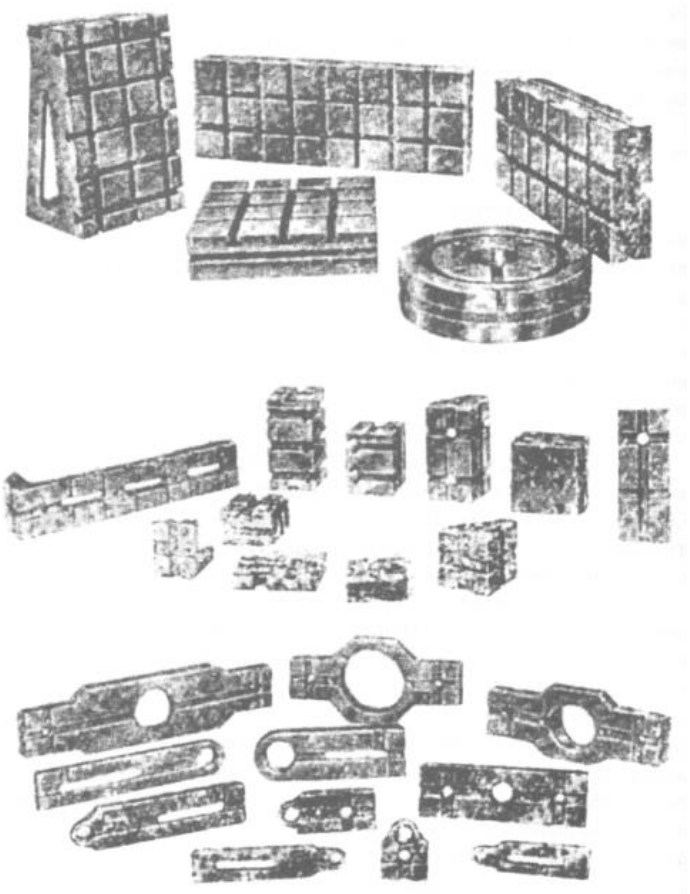


Рисунок 3.6 – Базові, опорні та направляючі деталі УСП

Деталі та вузли складальних пристосувань можуть застосовуватись практично майже необмежену кількість разів і знаходяться в постійному кругообігу – пристосування складаються, використовуються для виконання операції на необхідній партії деталей, потім розбираються на складові частини, з яких знову складаються пристосування вже для іншої деталі та операції та ін.

Вагомою складністю впровадження УСП є підвищені вимоги до точності нормалізованих деталей (при складанні не допускається ніяких пригонок та доопрацювань нормалізованих елементів). Крім того, умови роботи деталей (постійне складання та розбирання) викликають необхідність в обов'язковій їх термообробці – загартовуванні чи цементуванні, для збільшення терміну їх служби. В результаті цього трудоємкість та вартість виготовлення деталей УСП значно підвищується, а тому початкові витрати на комплект нормалізованих деталей, що складається в більшості випадків із 10–25 тисяч деталей, є значні.

Конструкції пристосувань досить різноманітні. Це пояснюється багато-чисельністю застосовуваного обладнання, оброблюваних деталей, особливостями різних технологічних операцій та верстатів. Однак всі пристосування компонуються з груп елементів, що мають однакове функціональне призначення в різноманітних пристосуваннях та проектуються з використанням деяких загальних принципів. Під елементами пристосувань розуміють їх деталі чи вузли, призначені для виконання певних функцій.

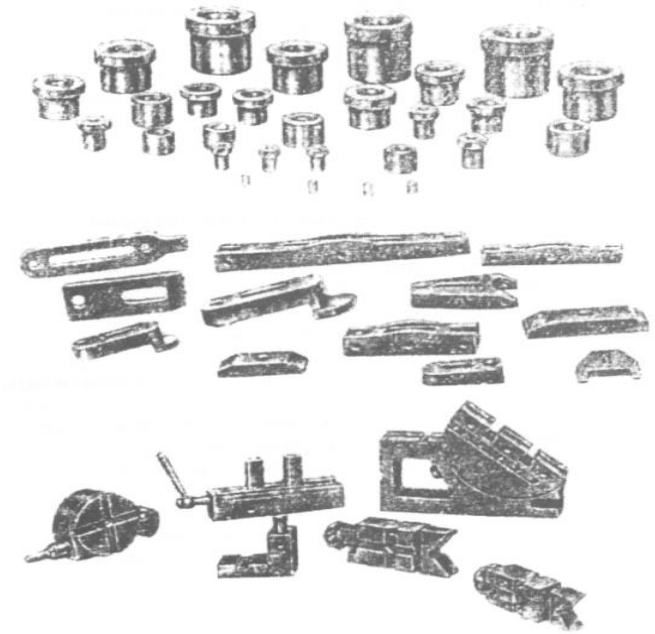


Рисунок 3.7 – Кондукторні втулки,
притискні деталі та нормалізовані вузли УСП

Найбільш загальними елементами для всіх типів пристосувань є: а) установочні; б) затискні; в) установочно–затискні; г) направляючі інструменти; д) корпуси.

Конструювання пристосувань полегшується тим, що на більшість деталей та їх вузли існують стандарти. Крім того, на велику кількість основних деталей та вузлів пристосувань розроблені нормалі машинобудування.

Підбір конструкцій пристосувань для різних видів робіт можна здійснювати за альбомами пристосувань для механічної обробки та складання.

3.7. Установлюючі елементи пристосувань

Установлюючими елементами в пристосуваннях називаються деталі чи механізми, що забезпечують правильне та однотипне розміщення оброблюваних деталей відносно інструменту. Розміщення деталі в пристосуванні визначається опорами, на які деталь встановлюється, а потім притискається при її закріпленні. Опорами можуть служити установлюючі штифти чи пластини, призми, установлюючі пальці та інші деталі. Використання тих чи інших конструкцій опор визначається в основному формою поверхні деталі, її точністю, розмірами.

Для установлення деталей в пристосуванні плоскими поверхнями рекомендується використовувати в якості опор штифти та пластинки (рис. 3.8 та рис. 3.9). Штифти можуть мати плоску чи сферичну опорну поверхню. Плоску необроблену поверхню деталей найкраще встановлювати на три опорні штифти зі сферичною головкою. Таке установлення дозволяє вибрати для опор ті місця поверхні, які зможуть забезпечити найбільш точне розміщення установленої деталі. Розміщувати опорні штифти слід так, щоб утворений так званий опорний трикутник був найбільш сприятливим, виходячи з конфігурації та жорсткості установлюваної деталі, а також розміщення точок прикладання зусиль для її закріплення в пристосуванні. Для покращення стійкості деталі та зменшення похибок при установленні бажано, щоб опорний трикутник був по можливості найбільшим. Сумарні зусилля для закріплення деталі повинні прикладатись в межах площі опорного трикутника. Оброблену плоску поверхню можна встановлювати на штифти з плоскою головкою чи на пластинки.

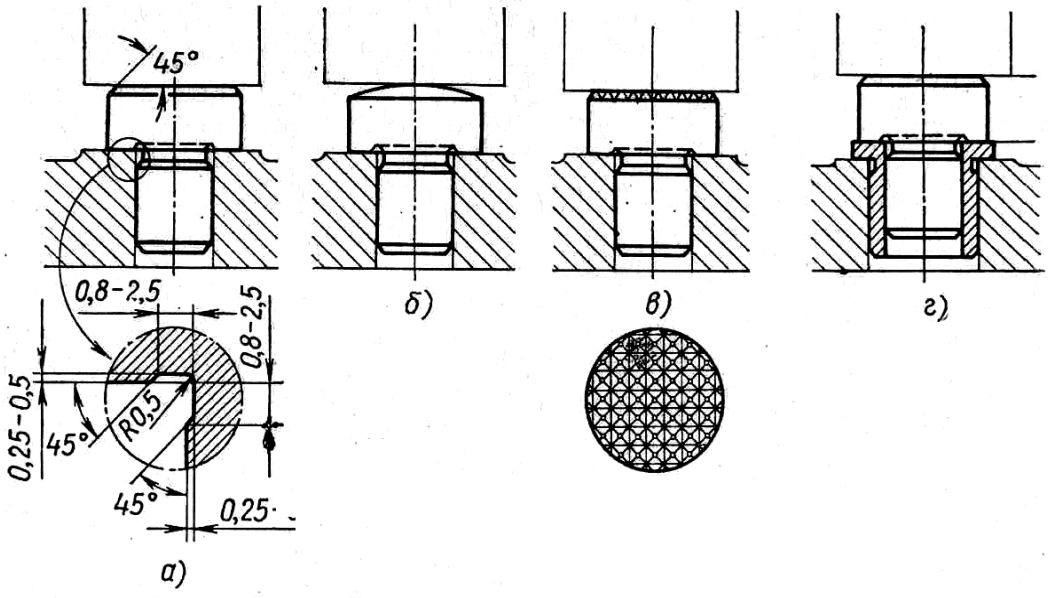


Рисунок 3.8 − Установлюючі штифти:
а) плоский; *б*) сферичний; *в*) з рифленою поверхнею; *г*) із втулкою

У тих випадках, коли площа встановлюючої поверхні мала чи встановлювана деталь має недостатню жорсткість, здійснювати встановлення на три опори не рекомендується. Краще використовувати опорні пластинки чи навіть плоску опорну поверхню в пристосуванні.

При конструюванні пристосування слід передбачати можливість легкого та зручного видалення стружки з його встановлюючих елементів. Для цього опорні поверхні встановлюючих елементів повинні розміщуватись вище рівня площини корпуса пристосування, на якій вони закріплені.

Крім нерухомих опор, конструкції яких ми розглядали, інколи в пристосуваннях застосовуються регульовані опори. Регульовані опори використовуються, наприклад, у випадках, коли форма встановлюючої поверхні в різних партіях деталей має відхилення, які необхідно компенсувати шляхом регулювання положення опорних поверхонь в пристосуванні. Регульовані опори можуть застосовуватись також в якості допоміжних опор для збільшення стійкості чи жорсткості оброблюваної деталі.

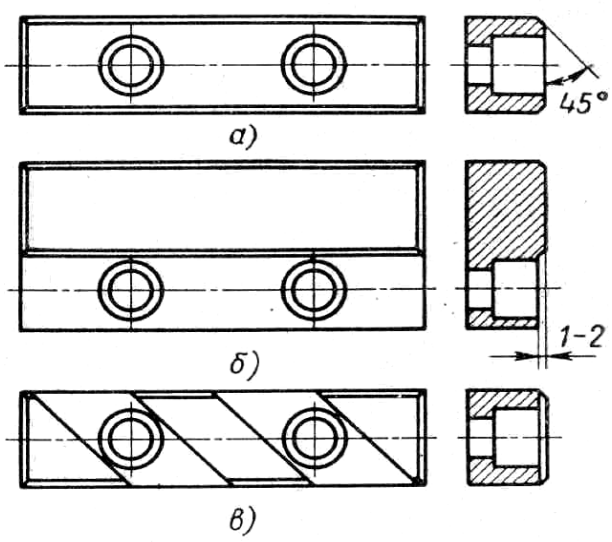


Рисунок 3.9 − Установлюючі пластинки: *а*) плоска; *б*) з уступом; *в*) ступінчата

В таких випадках деталь встановлюється на основні опори, що визначають положення деталі в пристосуванні, закріплюється, а потім додатково кріпиться допоміжними опорами. Приклади регульованих опор показані на рис. 3.10. Конструкція встановлюючих елементів стандартизована (ГОСТи 4083–57, 4084–57 та 4743–57).

Для встановлення в пристосуванні деталей по зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхнях застосовуються опорні призми, конуси, пальці та інші встановлюючі елементи. Призмою в пристосуваннях (рис. 3.11) називається встановлюючий елемент, що має дві робочі поверхні, розміщені під кутом α. Нормальним кутом призми вважають α=90˚, хоча інколи застосовують призми з кутом 120˚ та 60˚.

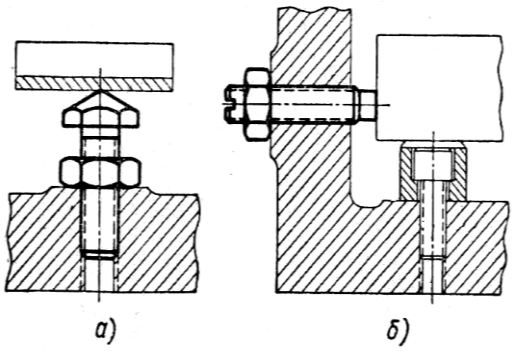


Рисунок 3.10 − Регульовані опори: *а*) з конусною поверхнею; *б*) з плоскою поверхнею

Прямокутний паз при вершині кута призми необхідний для зручності обробки робочих поверхонь. Для фіксації точного положення призми відносно корпуса пристосування, крім кріпильних гвинтів, застосовуються два контрольних штифта. Використовуючи призми в якості встановлюючого елементу для деталей циліндричної форми, слід враховувати похибки, що виникають при обробці за рахунок відхилень розміру діаметра деталі.

Для встановлення деталей в пристосуваннях часто використовують циліндричні виступи та отвори деталі. В якості встановлюючих елементів при цьому застосовуютья «гнізда» (для встановлення по зовнішній циліндричній поверхні деталі) чи пальці та оправки (для встановлення по циліндричній поверхні отвору деталі). Схема встановлення показана на рис. 3.12. Застосовуючи такі способи встановлення слід враховувати, що на точність встановлення безпосередній вплив здійснює точність діаметра деталі, прийнятого за встановлюючу поверхню. Крім цього, для запобігання перекосів деталі при встановленні необхідно передбачати притискання її торцевою плоскою поверхнею до відповідної торцевої поверхні пальця чи гнізда.

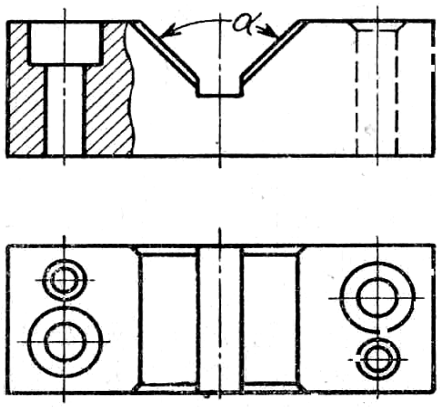


Рисунок 3.11 − Встановлююча призма

Найбільшу точність встановлення деталі на циліндричну поверхню отвору дають конусні оправки. Такі оправки виготовляють з дуже малою конусністю (в межах 1/5000–1/1000), щоб не було перекосу деталі відносно оправки і щоб деталь могла щільно заклини–тись на оправці. Незручністю застосування конусних оправок в якості встановлюючих елементів є те, що через малу конусність положення закріплюваної деталі вздовж осі може коливатись в значних межах. Тому таке встановлення може застосовуватись тільки при відносно високій точності діаметра отвору.

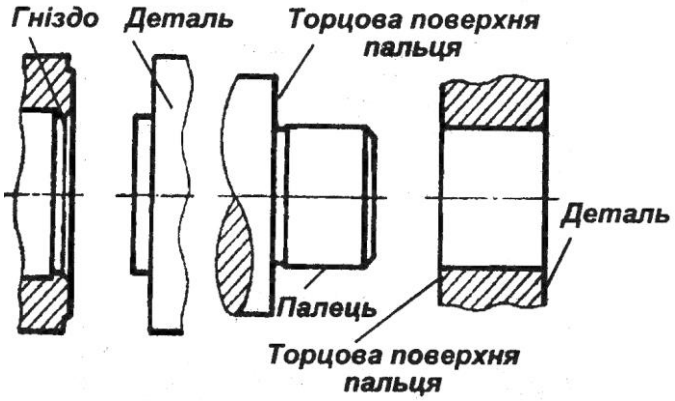
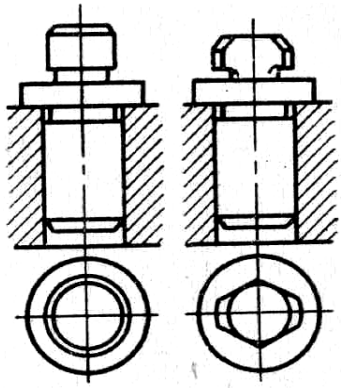


Рисунок 3.12 − Встановлення деталей по виступах та отворах

У багатьох випадках зручно використовувати для встановлення деталей в пристосуваннях циліндричні поверхні отворів, розміщених в одній площині. Установлюючими елементами при цьому служать так звані «пальці». Звичайно, встановлення проводять на два пальці, оскільки це вже гарантує визначене положення деталі в пристосуванні. Застосовувані конструкції пальців наведені на рис. 3.13.



а) б)

Рисунок 3.13 − Установлюючі пальці: *а*) циліндричний; *б*) зрізаний

Для полегшення встановлення деталей в пристосуванні на два пальці і один з них, зазвичай, має ромбічну форму. При цьому ромбічний палець закріплюється в пристосуванні так, щоб велика вісь ромба була перпендикулярна до лінії, яка проходить через центри обох пальців (рис. 3.14,а). Ромбічні пальці застосовуються також при встановленні деталей на один палець і площину (рис. 3.14,б). Застосування ромбічних пальців полегшує встановлення на них деталі внаслідок того, що між поверхнею отвору і пальцем виникає додатковий зазор, який компенсує похибку віддалі між установлюючими поверхнями оброблюваних деталей.

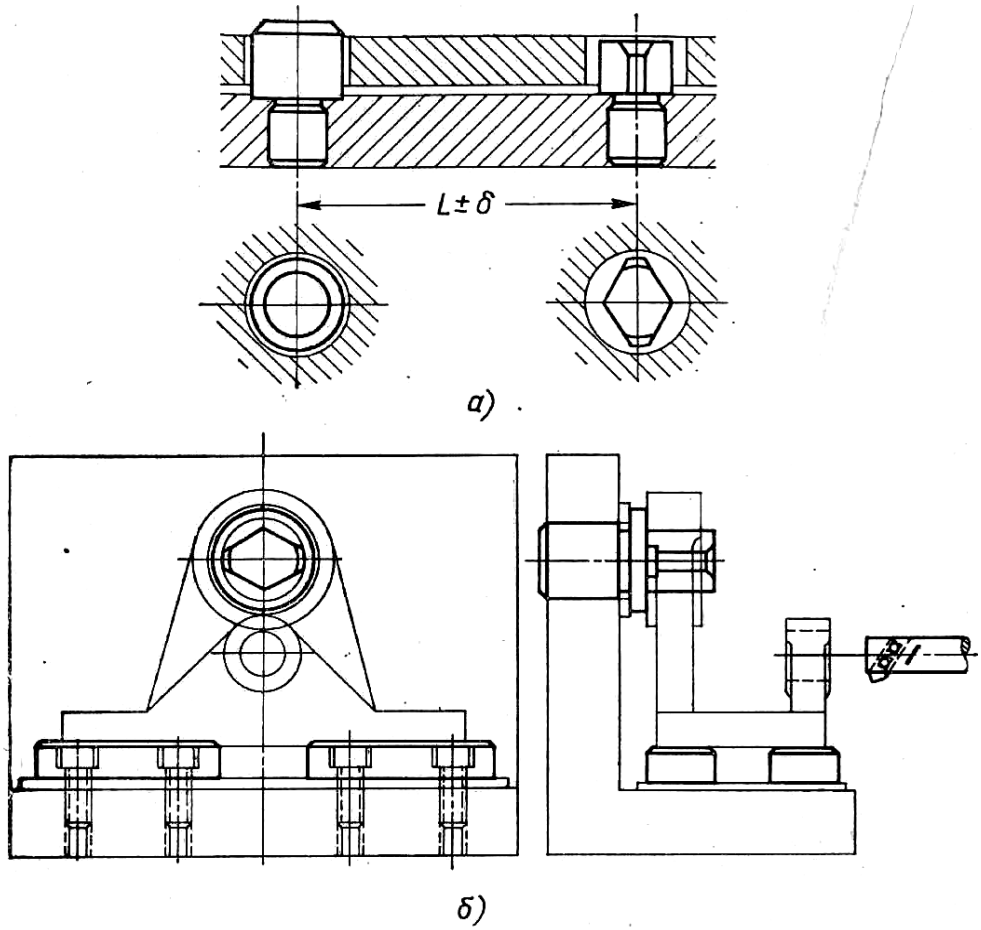


Рисунок 3.14 − Схема встановлення деталей: *а*) на два пальці; *б*) на один палець і площину

3.8. Елементи затискних пристроїв пристосувань

Затискні пристрої служать для закріплення оброблювальних деталей в пристосуванні. При закріпленні вони повинні створювати щільне прилягання деталі до установочних елементів пристосування для того, щоб забезпечити правильне розміщення деталі в пристосуванні. Закріплення деталі повинно надійно забезпечувати незмінність її положення під час обробки.

При конструюванні затискних пристроїв необхідно прагнути зменшити деформацію деталі при закріпленні і обробці, забезпечити необхідний затиск деталі прикладанням мінімальної сили, досягати найменших затрат часу на встановлення, закріплення та зняття деталі із пристосування.

Виходячи з цих основних вимог, слід:

1) силу затиску прикладати там, де вона не викликає деформацій деталі і якнайближче до місця обробки, що виключає вібрації в процесі обробки за рахунок підвищення жорсткості;

2) для зменшення необхідної сили затиску по можливості використовувати при закріпленні деталі її власну вагу і сили різання;

3) при значних зусиллях різання передбачати встановлення в пристосуванні спеціальних упорів, які повинні сприймати ці зусилля;

4) в якості затискних пристроїв застосовувати найбільш продуктивні, виходячи із заданих конкретних умов;

5) забезпечувати виконання вимог техніки безпеки.

Необхідні зусилля затиску деталі в пристосуванні необхідно визначити шляхом розрахунку, виходячи з діючих на деталь в процесі обробки зусиль різання.

Затискні пристрої можуть бути ручними, механізованими та автоматизованими. Приводитись в дію вони можуть вручну або пневматичними, гідравлічними, електричними, магнітними, електро–магнітними, вакуумними пристроями. Ручні затиски повинні бути обов’язково самогальмівними. Найбільш поширеними самогальмівними затискними пристроями є гвинтові та ексцентрикові затиски.

Гвинтові затиски прості за конструкцією, надійні та безвідмовні в роботі. Вони можуть використовуватись у вигляді індивідуального гвинта, а також в поєднанні з важільним та клиновим механізмом. Затиски цього типу широко застосовуються при ручному затиску, однак можуть працювати і від іншого механічного приводу. В одиничному виробництві в якості гвинтового затиску можуть бути використані звичайні болти. У великосерійному та масовому виробництвах для запобігання пошкодження деталі торцем гвинта та зміщення закріплюваної деталі під впливом моменту сили тертя, що виникає в місці дотику гвинта з деталлю, гвинтовий затиск забезпечується наконечником, який самовстановлюється. Крім того, замість ключа для загвинчування гвинта застосовуються рукоятки, зручні для обертання гвинта рукою.

Затиск деталі при гвинтовому затиску може здійснюватись не тільки обертанням гвинта, але й обертанням гайки. Такі способи закріплення широко застосовуються, коли деталь має отвір. Для того, щоб не згвинчувати гайку при

знятті деталей, зовнішній діаметр гайки робиться меншим діаметра отвору в деталі, а підкладну шайбу застосовують розрізну швидкознімну. Це дозволяє для закріплення та відкріплення деталі повертати гайку всього на один–два оберти. Недоліком гвинтових затисків є відносно мала продуктивність.

В ексцентрикових затисках затиск деталі здійснюється за допомогою ексцентрика. В пристосуваннях зазвичай застосовуються кругові ексцентрики – циліндричні валики чи кулачки, що повертаються навколо осі, зміщеної відносно їх центра. Ексцентрикові затиски значно продуктивніші гвинтових, оскільки вимагають в декілька разів менше часу на закріплення деталі, але вони не можуть застосовуватись при великих відхиленнях в розмірах оброблюваних деталей в місцях затиску, а також в пристосуваннях, що обертаються при обробці деталі. Найкраще ексцентрикові затиски працюють, коли деталь встановлена нерухомо і не має вібрацій при обробці. Сила затиску, що створюється ексцентриком, в декілька разів менша від сили гвинтових затисків (до 5 разів при нормальних плечах ключа та рукоятки ексцентриків).

Ексцентрикові затиски застосовуються для ручного затиску оброблюваних деталей, тому вони повинні бути самогальмівними. Самогальмівні властивості ексцентрика визначаються відношенням між його діаметром D та ексцентриситетом E. Ексцентриситетом кругового ексцентрика називається відстань між його геометричним центром та віссю обертання. Ексцентриковий затиск буде забезпечувати самогальмівне закріплення деталі в тому випадку, коли кут підйому ексцентрика буде рівним чи меншим кута тертя. Виходячи з цих умов, необхідно для кругових ексцентриків витримувати співвідношення $E = 0{,}075D$. Зазвичай для виконання досить надійної роботи ексцентрикових затисків приймають $E = 0{,}05D$.

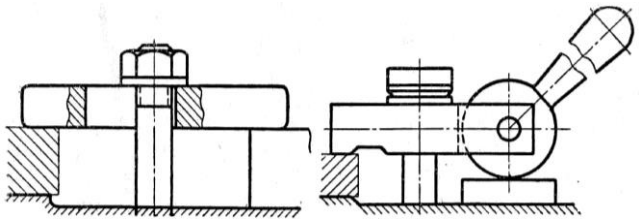
Кругові ексцентрики прості у виготовленні, але мають певні недоліки: непостійність гальмівних властивостей ексцентрика при різних положеннях його під час затиску деталей (застосовується кут підйому) та відносно невеликий хід, що не дозволяє використовувати ексцентрикові затиски у випадках, коли закріплювані деталі мають великі відхилення розмірів в місцях затиску. Для збільшення ходу інколи застосовують ексцентрики, форма яких побудована по спіралі Архімеда чи логарифмічній спіралі. Такі ексцентрики володіють однаковими гальмівними властивостями в межах всієї своєї робочої зони, однак вони більш складні у виготовленні, ніж кругові.

З метою полегшення встановлення деталі неробочу частину профілю ексцентрика інколи зрізають. Положення рукоятки вибирають, керуючись зручністю користування нею при експлуатації.

Гвинтові та ексцентрикові затиски часто застосовують в поєднанні з важелями. Такі затискні пристрої називаються прихватами (рис. 3.15).

При ручному затиску встановлюваних в пристосуваннях деталей неможливо створити більшого затискного зусилля, оскільки максимальний тиск руки, що прикладається до рукоятки затискного приводу, рахується рівним 15 кГ. Потреба в отриманні більших затискних зусиль приводить до необхідності при ручному приводі застосовувати механізми з більшим

передаточним відношенням від рукоятки до затискного пристрою, а це викликає збільшення затрат часу на закріплення деталі.



а) б)

Рисунок 3.15 − Прихвати з гвинтовим (*а*) та ексцентриковим (*б*) затисками

Використання механізованого приводу для закріплення деталей в пристосуваннях дозволяє отримувати необхідні затискні зусилля, розширити застосування багатомісних пристосувань, значно скоротити час на затиск та полегшує умови праці. Механізований привід може передавати зусилля безпосередньо на закріплювані деталі чи через важільні та клинові затискні елементи.

3.9. Установлюючо-затискні елементи

У деяких випадках є можливим застосувати в пристосуваннях так звані установочно-затискні елементи, що виконують одночасно як установочні, так і затискні функції. Застосування установочно-затискних елементів часто дозволяє спростити конструкцію пристосування та зменшити час на встановлення та закріплення деталі в пристосуванні. Положення деталі установочно-затискними елементами координується за рахунок того, що затискному елементу надається форма призми, клина, конуса та ін., в залежності від форми встановлюваної деталі. Координувати деталь установочно-затискні елементи можуть тільки в напрямку, перпендикулярному до свого руху.

В якості прикладу використання установочно-затискного механізму з рухомою призмою можна розглянути схеми, приведені на рис. 3.16. При затиску деталі призма 1, рухаючись вліво, спочатку встановлює деталь, переміщуючи її вдовж упорної площини I–I до тих пір, коли обидві похилі площини призми не вступлять в контакт з деталлю в площині II–II. За рахунок цього деталь набуде певного положення у напрямку, перпендикулярному до руху призми по осі I–I. Положення деталі в напрямку

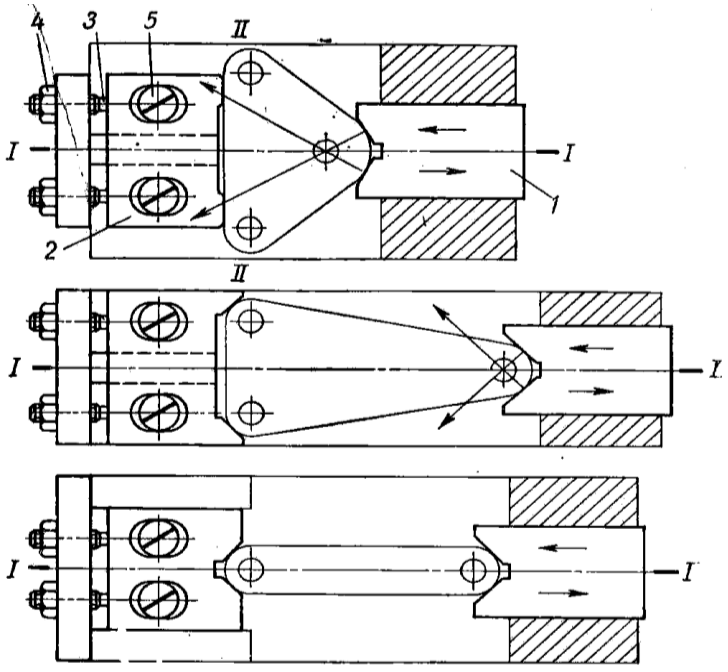


Рисунок 3.16 − Центрувальні притискні механізми

руху призми визначає упор 2, який фіксується регулювальними болтами 3, гайками 4 та гвинтами 5. Після того, як деталь набуде заданого положення, вона затискається.

Установочно-затискні механізми з призмами широко використовуються для встановлення та закріплення деталей циліндричної форми. Вони дозволяють встановити деталь по її геометричній осі незалежно від наявних відхилень по діаметру. На рис. 3.17 показаний самоцентрувальний механізм із зустрічним переміщенням призми з допомогою системи рейок. Такі механізми звичайно застосовуються для центрувальних верстатів.

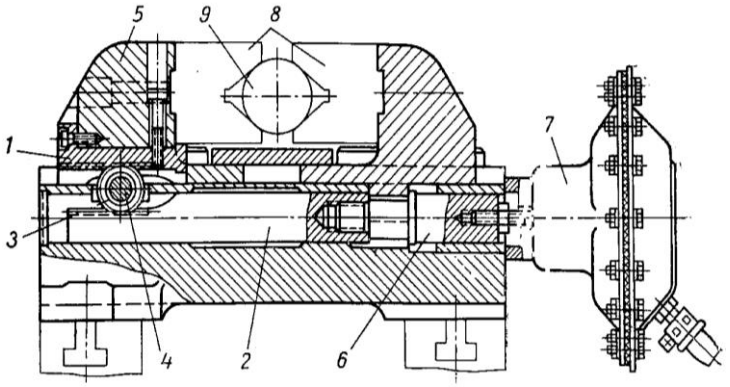


Рисунок 3.17 − Самоцентрувальні лещата: *1* – рейка рухомого кулачка; *2* – шток з рейкою; *3* – шестерня; *4* – вісь шестерні; *5* – рухомий кулачок; *6* – шток пневмоприводу; *7* – пневмопривід; *8* – самоцентрувальні затискні призми; *9* – деталь

Для встановлення та закріплення деталей та заготовок циліндричної форми широко застосовують цангові механізми, що є також само центрувальними. Основними частинами цангових механізмів є цанги – конічні пружинні втулки (рис. 3.18) та втулки з конусом. Центрування та затиск в цанговому механізмі здійснюються за рахунок пересування цанги відносно втулки чи втулки відносно цанги вздовж осі. При цьому цанга входить в конус втулки і стискається, щільно охоплюючи затиснену деталь. При русі у зворотну сторону цанга розтискається та звільнює деталь.

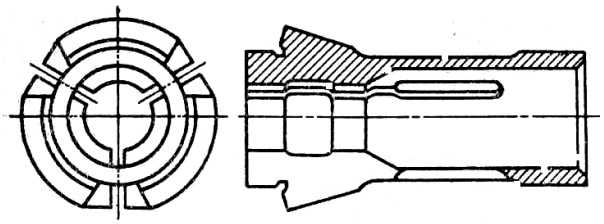


Рисунок 3.18 − Цанга затискна

Найбільш точними із самоцентрувальних механізмів для деталей циліндричної форми та деталей, встановлюваних по отвору, є гідропластові пристрої, в яких установочно-затискним елементом є тонкостінна пружна втулка з жорсткими краями. Принцип дії гідропластового пристрою можна розглянути на прикладі затиску, що зображений на рис. 3.19. Установлювана деталь 5 надягається на тонкостінну пружну втулку 3. Порожнина втулки заповнена гідропластом 4 – матеріалом, що володіє властивістю текучості. З допомогою гвинта 1 та плунжера 2 в гідропласті створюється тиск, що рівномірно передається на стінки втулки, які деформуються та затискають надягнуту на втулку деталь. Через те, що стінки втулки мають однакову товщину, то вони деформуються на рівну величину по всьому колу і завдяки цьому забезпечується точне центрування деталі. В початковий момент (схема рис. 3.19,а) між втулкою та деталлю можливий невеликий діаметральний зазор. З підвищенням тиску стінки втулки починають прогинатись, поки не доторкнуться до деталі своєю середньою ділянкою (схема рис. 3.19,б). При

подальшому підвищенні тиску стінки втулки займають положення показане на схемі рис. 3.19,в, в якому довжина контакту сягає 0,7*l*.

Гідропластові пристрої можуть застосовуватись тільки при достатньо жорстких допусках на діаметри посадочних місць деталей (по 7 – 9 квалітетах посадок з зазором), оскільки прогин стінок втулки повинен лежати в межах пружних деформацій.

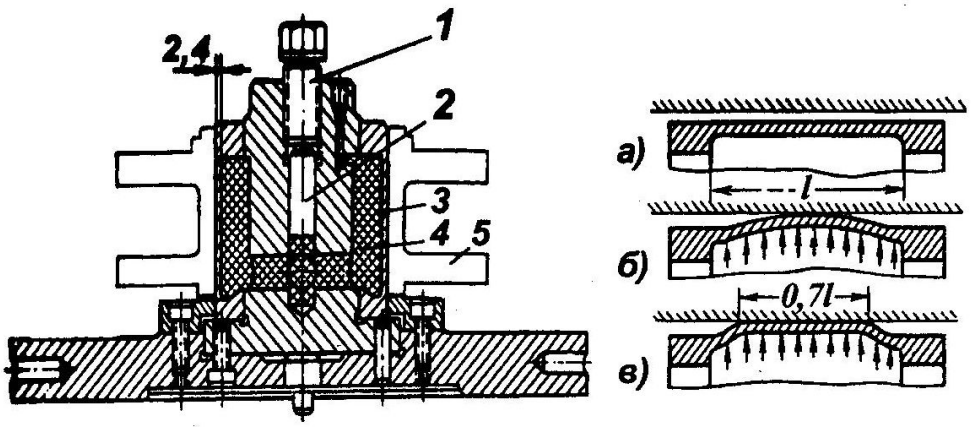


Рисунок 3.19 − Затискний пристрій з гідропластом

Крім розглянутих нами установочно-затискних пристроїв, застосовуються також важільні, плунжерні та мембранні затиски. Методи розрахунків затискних та установочно-затискних пристроїв приводяться в спеціальній літературі.

3.10. Механізовані приводи до пристосувань

Застосування механізованих приводів для закріплення оброблюваних деталей в пристосуванні є одним з основних шляхів механізації та автоматизації виробничих процесів. В якості механізованих приводів до пристосувань в більшості випадків застосовуються пневматичні, гідравлічні та електричні приводи. Найбільше поширення отримали пневматичні приводи. Це пояснюється наявністю майже на кожному машинобудівному заводі джерела енергії – стиснутого повітря, простої комунікації та оснащення стиснутим повітрям кожного верстата, простотою та надійністю конструкції приводів.

Пневматичні приводи застосовуються діафрагмові та поршневі, а конструктивне оформлення їх та розміри бувають різними. На рис. 3.20 зображена одна з найбільш поширених конструкцій діафрагмового приводу. Цей привід складається з наступних основних частин: корпуса 1, резинової діафрагми 2 та штока 3. Корпус виготовляється з двох половин, між якими затискається діафрагма із закріпленим на ній штоком. Під дією тиску стиснутого повітря, що поступає в ту чи іншу половину корпуса, діафрагма відповідно переміщується разом зі штоком. Кінець штока з’єднаний з затискним пристроєм пристосування.

На рисунку 3.21 зображено два типи універсальних пневматичних приводів до револьверного верстата. Поршневий пневматичний привід складається з циліндра 1 та поршня 2 зі штоком (рис. 3.21). Циліндр закріплюється на верстаті нерухомо. Під дією тиску стиснутого повітря поршень отримує зворотно–поступальний рух і переміщує з'єднану зі штоком чи поршнем тягу. Тяга передає рух затискному механізму. Недоліком цих приводів є їх відносно великі габарити, особливо в тих випадках, коли необхідно мати великі сили для закріплення деталі.

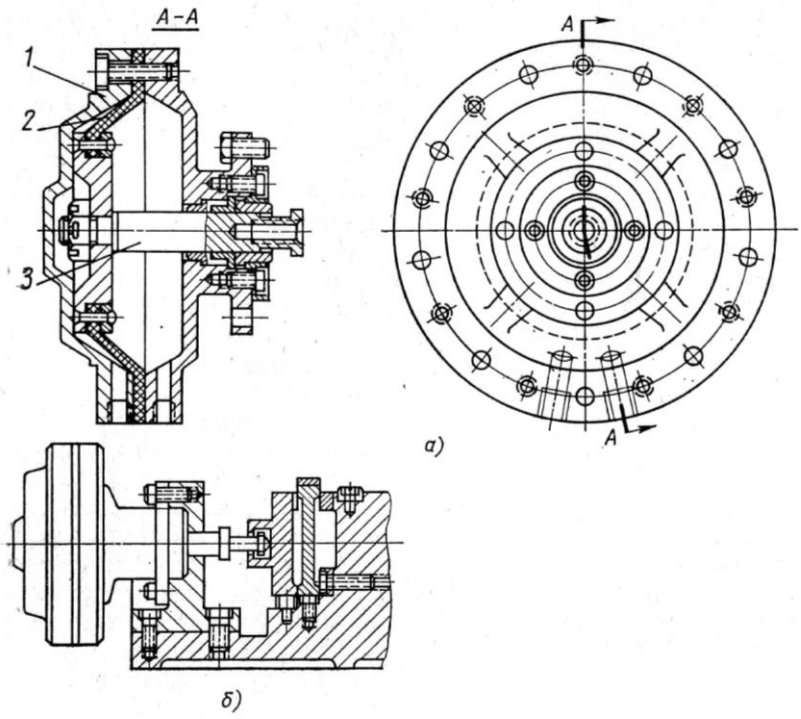


Рисунок 3.20 − Діафрагмовий пневматичний привід (*а*) та приклад його застосування (*б*)

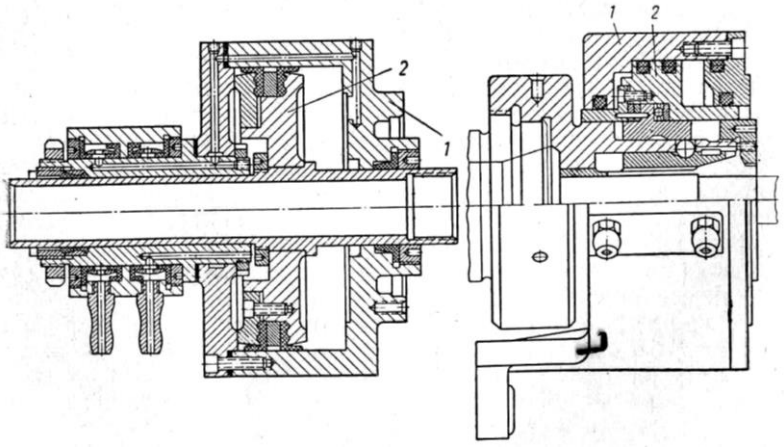


Рисунок 3.21 − Поршневий пневматичний привід

Гідравлічний привід дозволяє отримати великі зусилля при невеликих габаритах. Однак для застосування гідравлічного приводу необхідно мати при верстаті чи групі верстатів незалежну гідравлічну установку, що складається з електродвигуна, насоса, резервуара для масла та апаратури управління та регулювання.

Тому гідравлічний привід в пристосуваннях широко застосовується на верстатах, що мають гідрофіційну подачу. В цьому випадку для гідравлічного приводу пристосування використовується наявна на верстаті гідравлічна установка. Живлення робочих циліндрів гідравлічних пристосувань може здійснюватись за рахунок застосування гідравлічних підсилювачів тиску. Схема дії одного з таких підсилювачів приведена на рис. 3.22. Підсилювач створює тиск масла в гідроциліндрі до 80 $кг/см^2$ за рахунок різниці площ пневматичного та гідравлічного поршнів.

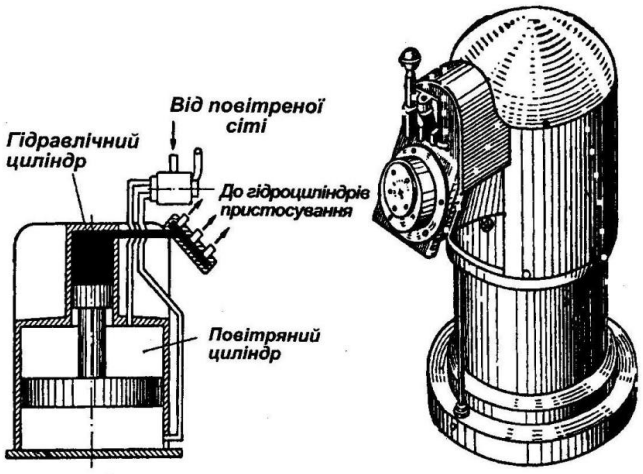


Рисунок 3.22 − Пневмогідравлічний підсилювач тиску

Електричні приводи в пристосуваннях використовуються у вигляді електродвигунів, що приводять в рух затискні механізми електромагнітних затискних та тягових пристроїв.

Приклади застосування механізованих приводів в пристосуваннях приведені на рис. 3.23, де представлена конструкція універсального багатомісного пневмокондуктора для встановлення та закріплення валиків при свердлінні отворів на вертикально-свердлильних верстатах 2А135 та 2А125.

Свердління чотирьох валиків в кондукторі проводиться одночасно із застосуванням чотирьох шпиндельних головок. Валики закріплюються з допомогою пневмоциліндра двома рухомими коромислами, що закріплені на кондукторній плиті.

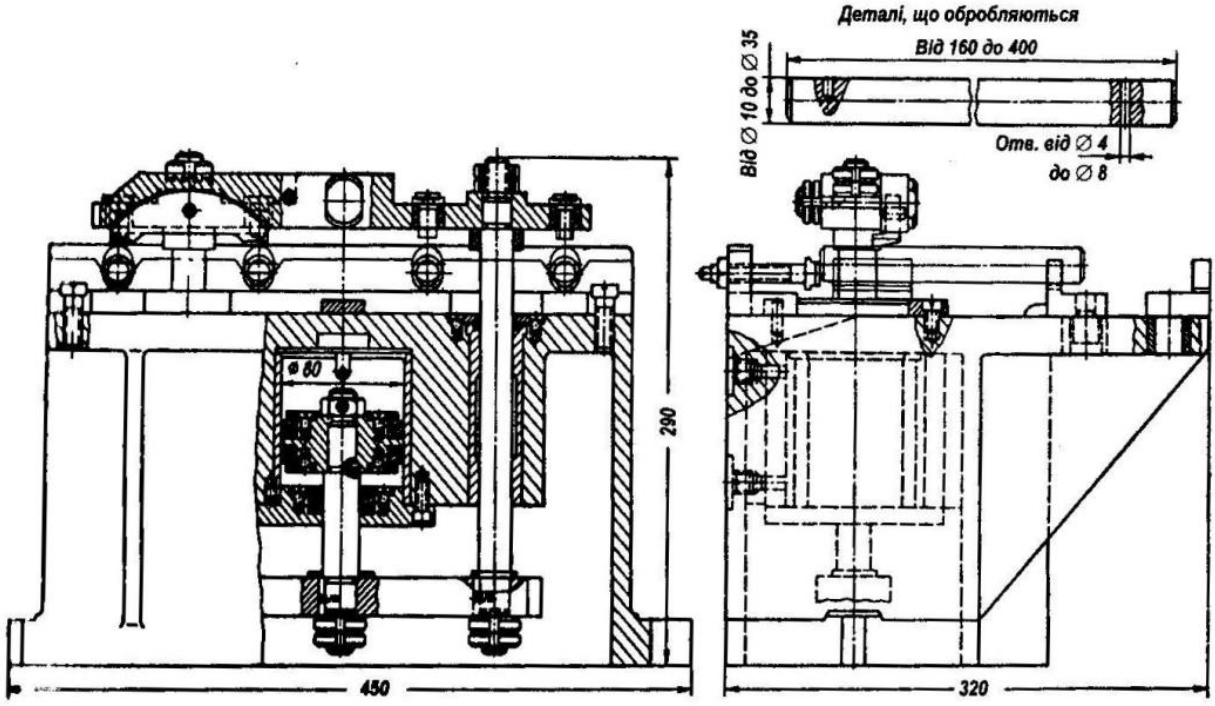


Рисунок 3.23 − Кондуктор з пневматичним приводом

3.11. Елементи пристосувань, що служать для направлення інструменту

Для того, щоб забезпечити певне розташування інструменту відносно пристосування, а отже, і відносно оброблюваної деталі, в деяких випадках необхідно оснастити пристосування направляючими елементами. В залежності від виконуваних ними функцій направляючі елементи поділяються на установи для інструмента та кондукторні втулки.

Установи для інструменту застосовуються з метою полегшення установки інструмента на розмір при наладці верстату. Установи являють собою надійно закріплені на корпусі пристосування пластинки чи штифти з точною плоскою робочою поверхнею. Інструмент при наладці верстату встановлюється по робочій поверхні установи безпосередньо чи з допомогою щупів певного розміру чи ролика (для фасонних фрез). Застосовуються установи для інструменту в основному на пристосуваннях для фрезерування.

Кондукторні втулки (рис. 3.24) служать для направлення свердл, зенкерів, розверток та інших подібних інструментів при обробці отворів в пристосуваннях для свердління – кондукторах. Застосування кондукторних втулок значно полегшує роботу та забезпечує достатньо високу точність розміщення оброблюваних отворів.

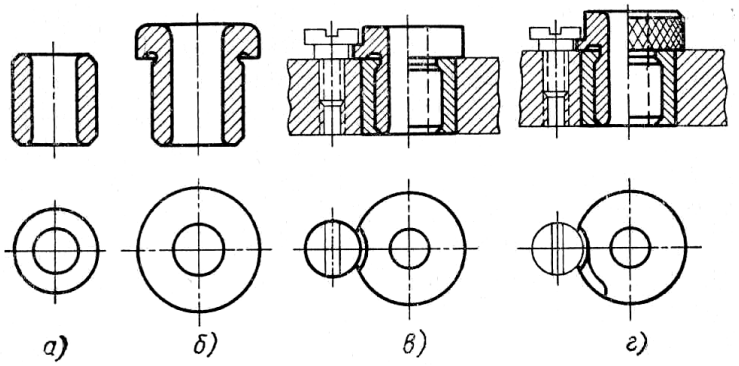


Рисунок 3.24 – Кондукторні втулки

Кондукторні втулки (рис. 3.24) можуть бути постійними, змінними та швидкозмінними. Постійні втулки (рис. 3.24,а і рис. 3.24,б) найбільш прості за конструкцією. Вони запресовуються чи безпосередньо в корпус пристосування чи в спеціальну кондукторну плиту, що закріплюється на корпусі.

Недоліком постійних втулок є те, що після зношення (по внутрішньому діаметру) для зміни їх приходиться випресовувати. При цьому отвір, в якому була запресована втулка, деформується і для нової втулки його необхідно розточувати знову, вивіряючи положення відносно установочних елементів пристосування та осей інших втулок. Тому у великосерійному та масовому виробництвах, де втулки в результаті постійної роботи швидко зношуються, постійні втулки майже не застосовуються. В цих випадках застосовуються змінні втулки (рис. 3.24,в), які поміщають в постійні втулки з посадкою без гарантованого натягу та закріплюють спеціальними гвинтами від прокручування та підйому. Такі втулки легко замінюються новими.

Якщо обробка отвору проводиться послідовно декількома інструментами (свердління та розверстування, чи нарізання різьби та ін.) при одній установці, рекомендується використовувати швидкозмінні кондукторні втулки (рис. 3.24, г). Вони відрізняються від змінних тим, що поряд з виїмкою під головку гвинта в них є друга наскрізна виїмка по всій висоті буртика втулки. Ця виїмка дозволяє знімати та встановлювати втулку без відгвинчування кріпильного гвинта. Достатньо тільки повернути втулку в гнізді настільки, щоб головка гвинта була розташована проти наскрізної виїмки втулки.

Вузьким місцем свердлильних кондукторів є кондукторні втулки, які швидко зношуються і втрачають точність. Тому рекомендується замість звичайних кондукторних втулок встановлювати радіальні підшипники згідно патента України № 4322 А, що забезпечить значне підвищення надійності, довговічності та відповідно точності оброблюваних отворів.

3.12. Корпуси пристосувань

Корпус є базовою деталлю пристосування. На корпусі монтуються всі розглянуті вище елементи пристосувань та інші допоміжні пристрої та деталі.

Через те, що корпус сприймає всі сили, що виникають при закріпленні та обробці деталі, він повинен бути міцним. Крім того, він повинен володіти і достатньою жорсткістю з тим, щоб при обробці деталі не виникало вібрацій. Розміри та форма корпуса визначаються габаритами закріплюваних в пристосуванні деталей, компоновкою на ньому установочних та затискних елементів, приводом а також способом установки та кріплення його до верстата.

При розробці конструкції корпуса необхідно передбачати можливість швидкої та зручної установки, закріплення та зняття оброблюваних деталей, зручність очистки пристосування від стружки та видалення охолоджувальної рідини.

Для встановлення пристосування на верстаті без вивірки на корпусі повинні бути передбачені відповідні елементи (пазові шпонки, центрувальні бурти та ін.). На форми та розміри деталей корпусів пристосувань існують нормалі машинобудування МН 3181–62, МН 3195–62 «Деталі та вузли верстатних пристосувань», якими слід керуватись при конструюванні.

3.13. Допоміжний інструмент

Допоміжний інструмент служить для встановлення та закріплення на верстаті різального та іншого робочого інструменту. Найбільш поширеним допоміжним інструментом є державки для різців різного виду, патрони для свердл, мітчиків, розверсток, протяжок, оправки для фрез, насадних розверток та зенкерів, змінні вставки та перехідники до патронів, втулки перехідні з конусом Морзе та ін. Конструкція допоміжного інструменту залежить від інструмента, для закріплення якого він призначений, і від посадочних місць на

верстаті. Таким чином, наприклад, державки для різців поділяються не тільки по видах та розмірах застосовуваних різців, але і по типорозмірах верстатів, на яких вони встановлюються.

Значна частина допоміжного інструменту стандартизована та нормалізована, тому при проектуванні технологічного оснащення слід по можливості використовувати наявні ГОСТи та нормалі, не створюючи нових, невипробуваних конструкцій. В якості прикладу на рис. 3.25 приведена конструкція супортної державки для токарних верстатів. На рис. 3.26 показаний плаваючий патрон для інструменту з конічним хвостовиком. На рис. 3.27,а – патрон швидкозмінний з шариками, на рис. 3.27,б – патрон свердлильний трьохкулачковий для затиску свердл діаметром від 2 до 12 мм.

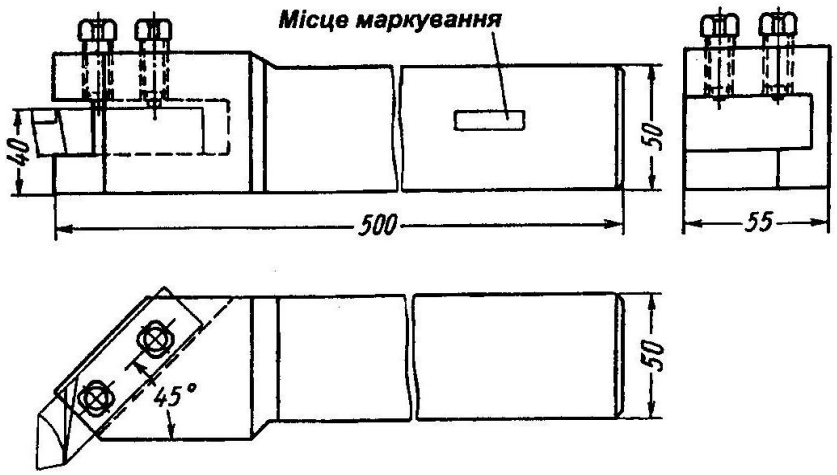


Рисунок 3.25 − Державка для різців

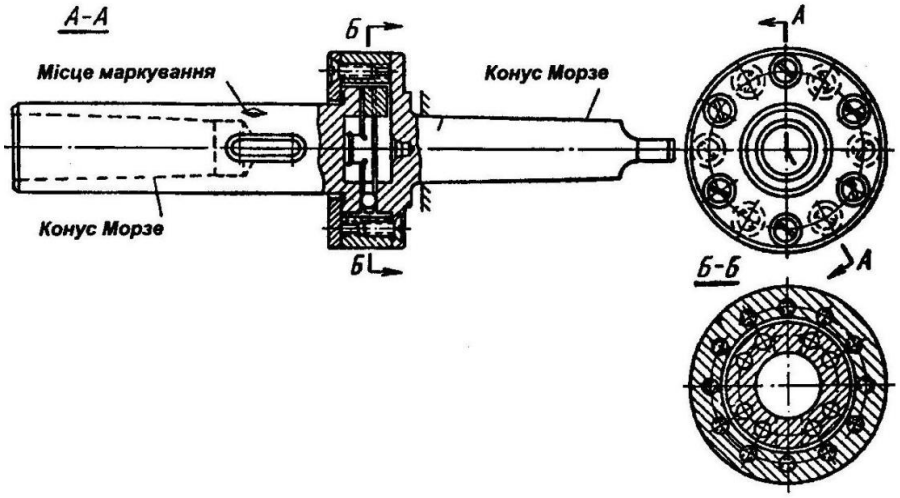


Рисунок 3.26 − Плаваючий патрон для інструмента з конічним хвостовиком, швидкозмінний

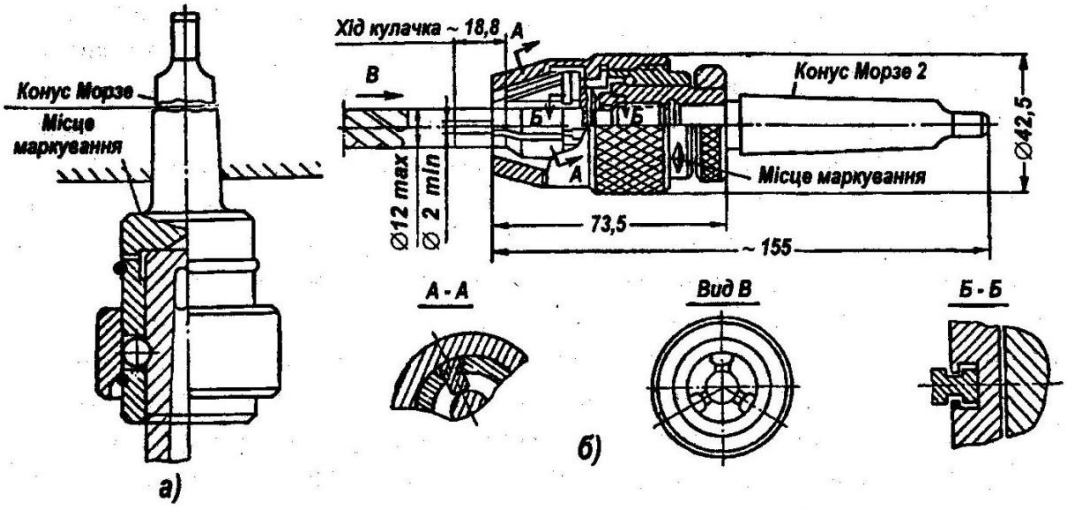


Рисунок 3.27 − Патрони:
а) швидкозмінний з кулькою; *б*) свердлильний трикулачковий

3.14. Вибір пристосувань і особливості їх проектування

Під пристосуваннями для механічної обробки звичайно розуміють допоміжні пристосування, які служать в основному для:

1) розширення технологічних можливостей того чи іншого верстату шляхом додавання до нього спеціального пристосування;

2) установки закріплення оброблених деталей з найменшими затратами часу і необхідною точністю;

3) направлення і закріплення інструменту на даному верстату.

В ремонтному виробництві в наслідок застосування універсального обладнання має велике значення перша група пристосувань. Немалу роль мають й інші групи. Однак часто головнішим мотивом застосування пристосувань служить неможливість застосування спеціальних верстатів, що використовуються на машинобудівних заводах для обробки окремих деталей. В цьому випадку нерідко пристосування переростають в самостійну установку, спрощену і малопродуктивну, що дозволяє обробити іншу деталь з потрібною точністю. Тому роль пристосувань в ремонтному виробництві значна.

Індивідуальне і малосерійне ремонтне виробництво звичайно не потребує застосування складних і високопродуктивних пристосувань. Тому простіші пристосування повинні забезпечувати потрібну точність обробки.

Теорія і практика проектування пристосувань вчить, що якщо дані пристосування задовольняють так зване правило шести точок і при цьому забезпечується співпадання вимірювальних і технологічних баз, то похибки обробки, які залежать від пристосування, можуть бути зведені до нуля. Згідно правила шести точок для визначення стійкості та розташування деталі, яка обробляється, необхідно і достатньо мати 6 жорстких опор – три в установчій площині, дві в направляючій і одну в опорній. В якості опор рекомендується застосовувати установочні штифти замість повних поверхонь, так як штифти легко і точно обробити, легко замінити у випадку зношення; також порушення

точності установки внаслідок засмічення поверхні при штифтах є найменш ймовірним. Розміщення трьох опор в установочній площині рекомендується застосовувати таким чином, щоб центр тяжіння деталі і рівнодійна сил різання і зусилля затисків не виходила за межі опорного трикутника.

При обробці поновлюваних деталей їх часто приходиться останню встановлювати на два штиря. В цьому випадку не можна робити обидва штирі циліндричними, зменшувати їх діаметри (з тим, щоб можна було б надіти на них деталі з найбільшими і найменшими відстанями між осями). Така установка була б дуже груба і приводила б до великих неточностей обробки. Тому рекомендується один штир залишати циліндричним, обробивши його по отвору з нижньою границею допуску, а другий виконувати у вигляді ромба (з боковими зрізами). При цих умовах навіть у випадку значного допуску на відстані між осями отворів виробу установка останнього на штирі не дасть великих перекосів.

До пристосувань, які служать для затиску деталі що обробляється, в основному висуваються наступні технічні вимоги:

1) затиски повинні бути прості;

2) при звільненні деталі не повинні відділятися від пристосування (бути весь час пов’язані з останнім);

3) не повинно деформувати оброблені деталі;

4) не повинні послаблювати самі і зміщувати деталь з установочних місць при закріпленні.

Контрольні запитання до розділу

1. Які є способи встановлення заготовки для обробки?
2. Що таке база?
3. У чому полягає суть технологічної бази?
4. Що називають конструкторською базою?
5. Охарактеризуйте установчу базу.
6. Що називають основною базою?
7. Що називають вимірною базою?
8. Що називають допоміжною базою?
9. Що називають чорновою базою?
10. Що називають опорною базою?
11. Охарактеризуйте схему базування деталей.
12. Охарактеризуйте принцип суміщення баз.
13. Як повинні вибиратись бази для подальшої обробки деталей?
14. При яких випадках виникає похибка базування.
15. Що називають кондуктором?
16. Що називають допоміжним інструментом?
17. Для чого застосовують установи інструментів?
18. Для чого служать кондукторні втулки?
19. Для чого служить допоміжний інструмент?
20. Для чого служать допоміжні пристосування?

РОЗДІЛ 4

МЕТОДИ ДОСЯГНЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ОБРОБКИ

4.1. Технологічність конструкції автомобільної техніки та її елементів

Технологічність конструкцій – параметр, який оцінює машину (деталь) по можливості оптимального використання матеріалів, засобів і часу для її виготовлення та ремонту.

При оцінці технологічності вирішуються наступні завдання: зниження маси і вартості застосовуваних матеріалів; зниження трудомісткості обробки деталей і складання машин; забезпечення використання засобів механізації і автоматизації; забезпечення використання стандартних і уніфікованих деталей і елементів конструкцій (підшипників, різьб, шліців та ін.); зменшення номенклатури деталей; підвищення ремонтопридатності, доступності деталей, вузлів, агрегатів, механізмів для їх регулювання та заміни.

Технологічність конструкції забезпечується застосуванням наступних принципів: простота конструкції; мале число деталей і вузлів, що складаються; прості форми деталей і мінімальна матеріалоємність; максимальна уніфікація, нормалізація і стандартизація деталей і вузлів; можливість застосування простих заготовок з мінімальними припусками; використання прокату, штамповок та ін.; застосування високопродуктивних технологічних процесів механічної обробки; відсутність завищених потреб до точності виготовлення деталей і шорсткості поверхонь; простота й економічне складання вузлів і машин в цілому. Всі ці принципи повинні використовуватися без заниження якості машин, їх економічності і надійності.

Технологічність конструкції може оцінюватися за допомогою основних і допоміжних показників. До основних показників відносяться технологічна собівартість і трудомісткість виготовлення деталей і складання машин, а також рівень технологічності за трудомісткістю та рівень технологічності за технологічною собівартістю. Перші два показники абсолютні, всі інші відносні.

Технологічна собівартість $C_т$ визначається за формулою:

$$C_т = C_м + C_з + C_{ц.р.}, \tag{4.1}$$

де $C_м$ – собівартість матеріалу; $C_з$ – заробітна плата робітників з нарахуванням; $C_{ц.р.}$ – цехові витрати на електроенергію, мастильні, охолоджуючі та інші матеріали, обслуговування і ремонт, амортизацію обладнання, інструменту, пристосувань.

Трудомісткість виготовлення виробів визначається сумою трудомісткостей елементів виробу, що виготовляється чи складається, і виражається в нормо-годинах:

$$T_B = \sum t_i \,, \tag{4.2}$$

де t_i – трудомісткість операцій щодо виготовлення чи складання виробу, (нормо-годин);

Рівень технологічності по технологічній собівартості:

$$K_{у.с.} = C_т / C_{б.т}, \tag{4.3}$$

де $C_т$ – технологічна собівартість виробу, який розглядається; $C_{б.т}$ – технологічна собівартість базового виробу.

Рівень технологічності по трудомісткості виробу:

$$K_{у.т.} = T_и / T_{б.и}, \tag{4.4}$$

де $T_и$ – трудомісткість виготовлення виробу, який розглядається; $T_{б.и}$ – трудомісткість виготовлення базового виробу.

Економічне використання матеріалу в машині може оцінюватися двома показниками: конструктивною матеріаломісткістю і технологічною матеріалоємністю. Першим показником визначаються затрати конструктивних матеріалів на одиницю потужності або виробництва, другим – встановлюється степінь використання матеріалу заготовки при виготовленні деталі.

Конструктивна (гранична) металоємкість машини, виражається в кг/кВт:

$$M_к = M_и / N, \tag{4.5}$$

де $M_и$ – маса машини; N – потужність машини.

Чим менше $M_к$, тим технологічна конструкція.

Для оцінки технологічної матеріаломісткості деталі може застосовуватися коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_м = m_д / m_з, \tag{4.6}$$

де $m_д$ – маса деталі; $m_з$ – маса заготовки.

До нетехнологічних слід відносити конструкції, виготовлення яких відомими в даний момент засобами або неможливе, або викликає суттєві невиправдані ускладнення технологічних операцій та збільшення їх трудомісткості, а також збільшення матеріалоємності виробу.

Технологічність конструкції залежить і від степені відповідності її технологічним можливостям виробництва, степені використання стандартних, нормалізованих деталей і складальних одиниць та інше. Під **стандартизацією** розуміють узагальнення конструкційних рішень, які зафіксовані в державних стандартах. **Нормалізація** представляє собою узагальнення конструктивних

рішень у вигляді внутрішньозаводських і відомчих нормалей. **Уніфікація** – узагальнення конструктивних рішень без оформлення спеціальної документації. Використання стандартних, нормалізованих, уніфікованих деталей дозволяє зменшити об'єм проектування, трудомісткість і собівартість виготовлення.

Для розрахунку додаткових показників технологічності потрібно знати кількісний склад виробу. ГОСТ 15895–77 дає наступні визначення складових частин виробу:

– ***виріб*** – одиниця промислової продукції, кількість якої може обчислюватися в штуках чи примірниках;

– ***деталь*** – виріб, виготовлений з матеріалу однієї марки без застосування складальних операцій (позначається буквою *Ш*);

– ***складальна одиниця*** – виріб, складові частини якого підлягають з'єднанню між собою на підприємстві–виготовлювачі складальними операціями (*О*);

– ***комплект*** – кілька виробів спільного функціонального призначення, як правило допоміжного характеру, не з'єднаних на підприємстві-виготовлювачі складальними операціями;

– ***стандартний виріб –*** застосовується за державним, галузевим стандартом, який повністю і однозначно визначає його конструкцію, показники якості, методи контролю, правила приймання та постачання ($Ш_{ст}$, $О_{ст}$);

– ***уніфікований виріб*** – застосовується у конструкторській документації кількох виробів ($Ш_у$, $О_у$);

– ***запозичений виріб*** – раніше спроектований виріб, застосований у двох чи більше конструкціях, на які збереглася конструкторська та технологічна документація ($О_з$, $Ш_з$);

– ***оригінальний виріб*** – це виріб, який проектується вперше ($О_{ор}$, $Ш_{ор}$).

Склад виробу визначається за формулою:

$$Z=Ш+О=Ш_у+Ш_{ор}+О_у+О_{ор}=Ш_{ст}+Ш_з+Ш_у+Ш_{ор}+О_{ст}+О_з+О_у+О_{ор}, \qquad (4.7)$$

де $Ш_п$, $О_п$ – покупні деталі та складальні одиниці.

Рівень уніфікації продукції – це ступінь насиченості її уніфікованими вузлами і складальними одиницями. Додаткові коефіцієнти технологічності, що визначаються складом виробу, кількісно вимірюють цей рівень. **Коефіцієнт уніфікації** визначає частину уніфікованих складових частин у їх загальній кількості:

$$k_у=(О_у+Ш_у)/(О+Ш). \qquad (4.8)$$

Коефіцієнт стандартизації визначає частину стандартизації складових частин у їх загальній кількості:

$$k_{ст}=(О_{ст}+Ш_{ст})/(О+Ш). \qquad (4.9)$$

Коефіцієнт збірності – це частина складальних одиниць у загальній кількості складових частин:

$$k_{зб}=О/(О+Ш). \qquad (4.10)$$

Чим вищі ці коефіцієнти, тим більш технологічна конструкція.

Важливим показником технологічності конструкції автомобільної техніки є ремонтопридатність. **Ремонтопридатність** оцінюється допустимістю для технологічного обслуговування, зручністю розбирання і складання при ремонті, легкістю заміни зношуючи деталей і механізмів, наявністю технологічних баз, необхідних для відновлення вихідних координат при ремонті, обмеженістю типорозмірів кріпильних деталей, підшипників і номенклатури слюсарно–складального інструмента, пристосованістю деталі до відновлення шляхом застосування прогресивної технології.

Технологічність конструкції досягається оптимальними рішеннями на всіх етапах її розробки. Зниження собівартості забезпечується застосуванням дешевих вихідних матеріалів, мінімальної вартості отримання заготовки і її обробки. Вартість матеріалу заготовки можна знизити застосуванням заготовок мінімально необхідних розмірів з мінімальними припусками на обробку і з простих матеріалів дешевих марок.

Для отримання мінімальної маси конструкцій в ряді випадків використовуються зварні і штампозварні конструкції, відливки по виплавних моделях. Число зварних елементів і довжина зварних швів повинна бути мінімальною.

Зниження трудомісткості (і собівартості) механічної обробки досягається застосуванням деталей простих форм з ділянками, легко доступними для механічної обробки.

При конструюванні деталей бажано звезти до мінімуму необхідну площу, що обробляється, попередити можливість обробки на прохід, чітко розмежувати поверхні, що обробляються і не обробляються.

Всюди, де це необхідно, повинні бути розглянуті проточки для виходу інструменту, канавки або збіг різьби для різьбонарізного інструменту, радіуси заокруглень (галтелі), фаски та ін. В багатьох випадках правильні конструктивні рішення дозволяють спростити обробку окремих елементів деталей або використати більш просту заготовку. Наявність бортиків на валах викликає збільшення діаметра заготовки (гладкі вали можуть виготовлятися з каліброваного матеріалу). Наявність у деталях глухих отворів великого діаметру і довжини затрудняє виготовлення заготовок і їх обробку, застосування в цьому випадку з’ємних заглушок або кришок дозволяють в якості заготовок використовувати труби. Обробку площадок і бобишок різної висоти виконати складніше, ніж обробити ті ж елементи, які розміщені на одному рівні. Замість зенкування (цекування) гнізд під гайку і головки болтів на фланцях доцільно застосовувати проточування.

Застосування уніфікованих деталей і їх елементів дозволяє здешевити обробку шляхом застосування типових технологічних процесів і укрупнення партій оброблюваних деталей.

Собівартість складання і розбирання цілком визначаються конструкцією машини, її складальних одиниць. Конструктивні рішення, які застосовують для розбирання конструкцій, повинні передбачити можливість зручного розташування деталей в складальній одиниці та наступного складання машини.

Заміна вузлів або швидкозношуючих деталей повинна виконуватися без допоміжного зняття великого числа деталей (складальних одиниць) машини. Заміна прокладок і сальникових кілець, набивка сальників, заправка мастильних матеріалів, регулювальні роботи повинні виконуватися без застосування складних пристосувань та інструментів, а також по можливості швидко і без залучення персоналу високої кваліфікації.

Широке застосування уніфікованих, нормалізованих і стандартизованих деталей та комплектуючих виробів знижує собівартість машини і робить більш допустимим її технічне обслуговування і ремонт.

4.2. Фактори, що впливають на точність виготовлення деталей машин

При будь-якому виді обробки не можна отримати деталь точно заданих розмірів. Розміри деталей повинні знаходитися в межах допусків, призначених конструктором машини і зазначених на кресленні деталі. Усі деталі, у яких відхилення розмірів не будуть виходити за рамки допусків, будуть однаково придатні для роботи в машині.

В умовах одиничного і дрібносерійного виробництва необхідна точність деталей досягається методом пробних проходів, тобто зняттям припуску при послідовних проходах під контролем вимірювального інструмента. Такий метод не застосовують в умовах великосерійного і масового виробництва через неекономічність. У серійному і масовому виробництві необхідна точність деталі досягається методом автоматичного отримання розмірів. Верстати попередньо налагоджують на заданий розмір, тобто робочим ланкам верстата, пристосуванню й інструменту надається визначене, кінцеве взаємне положення, що і забезпечує автоматичне отримання необхідного розміру деталі.

Під точністю обробки розуміють ступінь відповідності обробленої деталі вимогам креслення і технічних умов. Точність деталі складається з точності виконання розмірів, форми, відносного розташування поверхонь деталі і її шорсткості. Під точністю форми поверхні розуміють ступінь наближення її до геометричної форми. Наприклад, плоскі поверхні можуть мати відхилення форми у виді непрямолінійності, тобто відхилення поверхні, що перевіряється у заданому напрямку від прилягаючої прямої.

Циліндричні поверхні в поперечному перерізі можуть мати відхилення від прилягаючої поверхні: овальність, огранювання; у поздовжньому перетині: бочкоподібність, сідлоподібність, конусоподібність, зігнутість. Точність відносного положення визначається відхиленням від номінального розташування розглядуваної поверхні, її осі або площини симетрії відносно баз і відхилення від номінального взаємного розташування розглядуваних поверхонь. Відносне положення поверхні визначається звичайно паралельністю, перпендикулярністю або симетричністю її щодо інших поверхонь або осей.

Забезпечення заданої точності деталі – основна вимога до технічного процесу. Для проектування технологічного процесу, що гарантує досягнення цієї точності, необхідно знати і враховувати похибки, що виникають при обробці. Основними причинами похибок обробки на металорізальних верстатах є наступні:

а) власна неточність верстата, наприклад: непрямолінійність направляючих станини і супортів, непаралельність або неперпендикулярність направляючих станини до осі шпинделя, неточності виготовлення шпинделя і його опор та ін.;

б) деформація вузлів і деталей верстата під дією сил різання і нагрівання;

в) неточність виготовлення різальних інструментів, пристосувань і їхнє зношення;

г) деформація інструментів і пристосувань під дією сил різання і нагрівання в процесі оброблення;

д) похибки встановлення заготовки на верстаті;

е) деформація оброблюваної заготовки під дією сил різання і затиску, нагрівання в процесі оброблення і перерозподілу внутрішніх напружень;

ж) похибки, що виникають при установці інструментів і їхньому настроюванню на розмір;

з) похибки в процесі виміру, що виникають при неточності вимірювальних інструментів і приладів, їхнім зношенням і деформаціями, а також помилками робітників в оцінці показів вимірювальних приладів.

Власна точність верстатів, тобто точність їх у не навантаженому стані, встановлена Державними стандартами для всіх основних типів верстатів. В міру зношення власна точність верстата зменшується. Особливе значення має зношення підшипників і шийок шпинделів, а також направляючих станин. Биття шпинделя з овальною шийкою приводить до отримання овальності в заготовці, що обточується. Внаслідок зношення напрямних у токарному верстаті виникає, наприклад, непрямолінійний рух супорта, що приводить до відхилення форми оброблювальної поверхні заготовки.

У процесі обробки під дією сил різання вузли верстата деформуються. Цьому сприяє неточність підгонки стикових поверхонь окремих елементів вузлів, що з’єднуються. В результаті таких деформацій можуть вийти похибки форми і відносного положення оброблюваної поверхні. Величина пружної деформації тим більша, чим більші сили різання і менша твердість вузлів верстата.

Під жорсткістю, стосовно до верстатів і їхніх вузлів, розуміється здатність вузла протидіяти появі пружних «відтисків». Жорсткість вузла вимірюється відношенням збільшенням навантаження до отримуваного при цьому збільшення пружного відтиску, тобто:

$$j = \frac{\Delta P}{\Delta a}, \tag{4.11}$$

де ΔP – збільшення навантаження, кгс; Δa – збільшення пружного відтиску, мм.

Жорсткість деталей вузлів верстатів визначається експериментальним шляхом.

На точність обробки впливає зміна лінійних розмірів частин верстата при нагріванні їх під дією тертя в опорах, що має особливе значення при обробці на шліфувальних верстатах. При обробці майже вся робота різання перетворюється в тепло. Температура в системі верстат–пристосування–інструмент-деталь підвищується, що приводить до температурних деформацій, які викликають відповідні похибки обробки. Наприклад, нагрів прохідного різця середньої величини на 20°С приводить до збільшення його довжини на 0,01 мм, що викликає зменшення діаметра оброблюваної заготовки на 0,02 мм. Оброблювана заготовка в процесі різання може нагріватися нерівномірно, в цьому випадку змінюються не тільки розміри заготовки, але і форма. Тонкостінні заготовки нагріваються при обробці в більшій степені, ніж масивніші, і більше деформуються.

Інструмент виготовляється з визначеними похибками розмірів, форми і взаємного положення його окремих елементів. Такі похибки інструментів – зенкерів, розверток, протяжок, фасонних різців, фрез та ін. – впливають на точність розміру або форми оброблюваної поверхні.

При обробці прохідними різцями неточність їхніх розмірів і форми не впливає на точність обробки, але в процесі оброки зношення інструменту може вплинути на точність обробки даної заготовки. Наприклад, при обточуванні довгого вала зношення різця приводить до збільшення діаметра обробленого вала на кінцевій ділянці.

Неточність виготовлення і зношення окремих елементів пристосування приводять до неправильного встановлення заготовки в пристосуванні і є джерелами похибки при обробці.

Нежорсткі заготовки під дією сил різання деформуються. Наприклад, довгий вал, оброблюваний у центрах на токарному верстаті, прогинається і на кінцях буде мати менший діаметр, ніж в середині. У виливках і кованих заготовках в результаті нерівномірного охолодження виникають внутрішні напруження. При знятті верхніх шарів металу різанням відбувається перерозподіл напружень і заготовка деформується. Для зменшення внутрішніх напружень виливка (станини верстатів, циліндри й ін.) піддають природному або штучному старінню. У першому випадку виливки вилежуються після чорнової обробки протягом тривалого часу, а в другому – виливки витримують протягом декількох годин у печі в підігрітому стані при температурі 450°–500°С. Внутрішні напруження з’являються в тілі заготовки або в поверхневих шарах при термічній обробці, холодному правленні, зварюванні.

При настроюванні верстата на обробку партії заготовок різальний інструмент встановлюють у визначеному положенні і при цьому, як правило, виникають похибки обробки через неточність установки інструмента.

Розсіювання розмірів при обробці. Похибки, що виникають в процесі обробки, бувають систематичні і випадкові. Систематичні – це похибки, що мають постійну величину протягом одного настроювання верстата. Виникають вони, наприклад, через неточність верстата і пружних деформацій вузлів

верстата, оброблюваної заготовки, пристосування й інструмента. При неправильному встановленні інструмента на розмір усі деталі будуть виготовлені з постійною похибкою. У більшості випадків вплив систематичних похибок можна врахувати при проектуванні технологічного процесу.

Крім систематичних неминучі випадкові похибки, що мають змінну величину протягом одного настроювання. До них відносяться похибки, викликані нерівномірною твердістю матеріалу, неточністю затиску заготовки в пристосуванні, коливаннями припуску і температури. Внаслідок систематичних і випадкових похибок, дійсні розміри деталей будуть перемінними, тобто спостерігається розсіювання розмірів. Сумарну похибку обробки визначають розрахунковим або статистичним методами.

Розрахунковий метод часто не може бути використаний через відсутність вихідних даних. Наприклад, неможливо розрахувати збільшення діаметра («розбивку») отвору при свердлінні спіральним свердлом. У таких випадках користуються статистичним методом, заснованим на визначенні сумарної похибки шляхом вимірювання оброблених деталей і аналізу результатів вимірів методом математичної статистики.

При використанні статистичного методу сумарна похибка і характер розсіювання розмірів виявляються шляхом зіставлення кривих розподілу. Для отримання кривої розподілу рекомендується зробити 50–100 вимірів фактичних величин даного розміру.

Допустимо, що маємо *n* вимірів: $x_1, x_2, x_3, ...x_n$. Тоді:

1. Визначаємо поле розсіювання $x_{\max} - x_{\min}$, тобто різницю між максимальним і мінімальним розмірами, і відкладаємо цю величину по осі абсцис.

2. Поле розсіювання (рис. 4.1) розділюємо на рівні інтервали.

3. Визначаємо частоту кожного інтервалу, тобто число деталей, розміри яких лежать у межах даного інтервалу.

4. Визначаємо відносну частоту, тобто відношення абсолютної частоти до загальної кількості деталей у партії.

5. До середин інтервалів проставляємо перпендикуляри, на яких відкладаємо відносну частоту.

6. Отримані точки з'єднуємо ламаною лінією (це і є крива розподілу).

При нормальному ході технологічного процесу, побудована таким шляхом крива наближається до кривої нормального розподілу Гаусса, рівняння якої:

$$y = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, \qquad (4.12)$$

де x і y – поточні координати; e = 2,718 – підстава натуральних логарифмів; σ – середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + (x_2 - a)^2 + ... + (x_n - a)^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum (x - a)^2}{n}}. \qquad (4.13)$$

Середнє арифметичне величин x:

$$a = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \ldots + x_n}{n},$$

де n – загальне число вимірів.

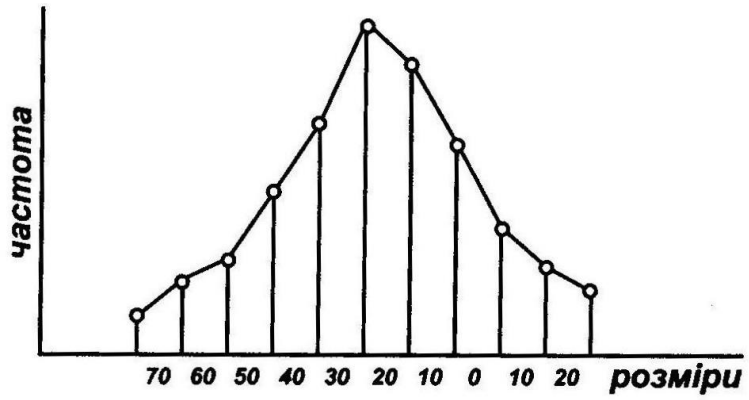


Рисунок 4.1 – Схема розсіювання розмірів при обробці

Крива нормального розподілу Гаусса симетрична відносно середини поля розсіювання й асимптотично наближається до осі абсцис (рис. 4.2). Якщо форма побудованої кривої розподілення відрізняється від кривої Гаусса, то це означає наявність якихось відхилень у ході технологічного процесу.

Економічна і досяжна точність обробки. Під економічною розуміють таку точність, для досягнення якої витрати при даному способі обробки будуть меншими витрат при застосуванні іншого способу обробки тієї ж поверхні. Поняття «економічна точність обробки» відносна, тому що величина її може змінюватися в залежності від конкретних умов обробки. Під досяжною розуміють точність, що може бути отримана при обробці заготовки висококваліфікованим робітником на верстаті, що знаходиться у відмінному стані, при необмеженій витраті праці і часу на обробку. Зміна витрат на обробку в залежності від її точності приведена на рис. 4.3. Чистове точіння економічне при допуску більше Δ_1, а при меншому допуску економічніше шліфування. Границя економічної точності притирання визначається величиною Δ_2. Величина δ характеризує границі економічної точності шліфування.

Досягається наступна економічна точність обробки циліндричних зовнішніх поверхонь (валів): 12 квалітет, при чорновому обточуванні на токарських верстатах; 8–9 квалітет при чистовому обточуванні; 8–9 квалітет, при попередньому круглому шліфуванні; 7 квалітет при чистовому круглому шліфуванні; 6 квалітет і точніше при притиранні. Економічна точність обробки отворів досягається приблизно наступним: 12 квалітет при свердлінні без кондуктора; 11 квалітет при свердлінні по кондуктору; 11 квалітет при розвертуванні; 12 квалітет при чорновому зенкеруванні; 8–9 квалітет при чистовому зенкеруванні; 11–12 квалітети при чорновому розточуванні різцем;

8–9 квалітет при чистовому розточуванні різцем; 10 квалітет при чорновому розвертуванні; 7–8 квалітет при чистовому розвертуванні; 6–7 квалітети при ручному розвертуванні; 8–9 квалітет при чорновому внутрішньому шліфуванні; 7 квалітет при чистовому внутрішньому шліфуванні; 5–6 квалітет при тонкому шліфуванні; 7 квалітет при протягуванні і 5–6 при хонінгуванні. Економічна точність обробки різних видів поверхонь приведена в технологічних довідниках.

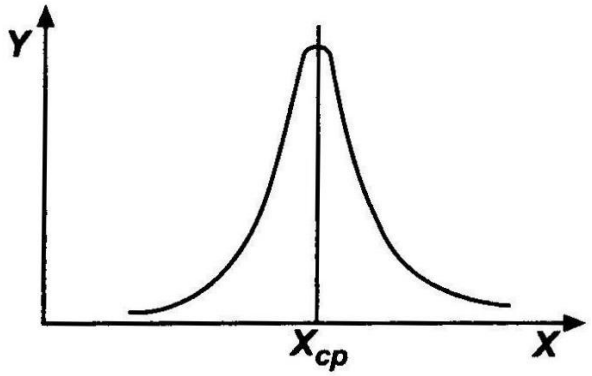


Рисунок 4.2 − Крива нормального розподілення Гаусса

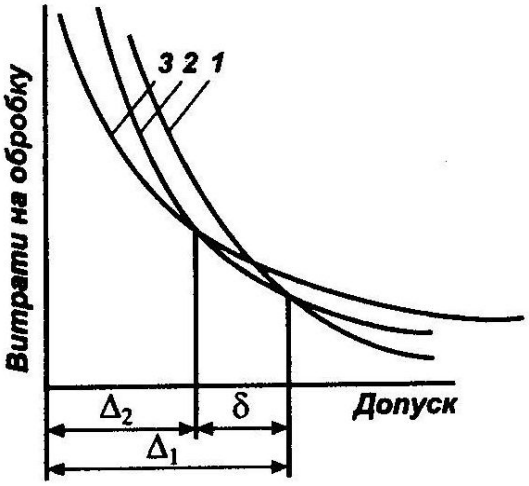


Рисунок 4.3 − Економічна точність: *1* – при точінні; *2* – при шліфуванні; *3* – при притирці

4.3. Вибір баз при обробці заготовок

При обробленні різанням від того, як здійснюється базування і закріплення заготовки на верстаті, у великому ступені залежить точність її обробки. При установці заготовки на верстатах розрізняють:

а) оброблювані поверхні;

б) поверхні, що орієнтують заготовку щодо інструмента або відносно робочих елементів верстата; такі поверхні називають установчими базами;

в) поверхні, що сприймають затискні сили;

г) поверхні, від яких вимірюють розміри; такі поверхні називаються вимірювальними базами;

д) вільні поверхні.

Установчі та вимірювальні бази називають технологічними на відміну від конструкторських баз, під якими мають на увазі поверхні, лінії або точки, що орієнтують положення деталі щодо інших деталей у готовій машині.

Установчі бази розділяють на вимірювальні й опорні. Вимірювальними називають ті поверхні, відносно яких орієнтують положення заготовки на верстаті. Таке орієнтування здійснюється в одиничному і дрібносерійному виробництві. У масовому і великосерійному виробництві заготовки встановлюють у пристосуваннях без вивірки їхнього положення. Поверхні

заготовки, що при контакті з настановними елементами пристосування орієнтують заготовку, називають опорними.

Для збереження заготовкою незмінного розташування в процесі обробки необхідно зберегти визначеність її базування. Під визначеністю базування заготовки розуміється незмінність її положення на верстаті або в пристосуванні в процесі обробки. Для визначеності базування характерна неперервність контакту між сполученими поверхнями оброблюваної заготовки і деталями верстата або пристосування. Контакт досягається прикладанням до заготовки сил, що повинні бути більше сил, які прагнуть порушити контакт у процесі обробки заготовки. Крім того, сили, що створюють і зберігають контакт між сполученими поверхнями, повинні бути прикладені раніше сил, що прагнуть порушити цей контакт.

Для базування необхідно: 1) вибирати належні базуючі поверхні; 2) вибирати точки прикладання сил, що створюють контакт між сполученими поверхнями, проти опорних точок для зменшення власних деформацій оброблюваної заготовки; при недостатній твердості заготовки створюють додаткові опори, що підводяться до зіткнення з поверхнями заготовки і потім фіксуються, а на час обробки перетворюються в нерухомі; 3) зменшення контактної деформації шляхом розрахунку, встановлення і витримування при обробці необхідних допусків на відхилення сполучених поверхонь від теоретично правильної геометричної форми і класу шорсткості.

При обробці фасонних заготовок необхідно правильно вибрати базу для першої операції. Це особливо важливо, якщо заготовку обробляють у пристосуваннях. Для заготовок, що не обробляються кругом, як чорнові бази варто приймати поверхні, які не підлягають обробці різанням. У цьому випадку оброблені поверхні будуть мати найменші зсуви щодо неопрацьованих поверхонь. При наявності в заготовці декількох необроблюваних поверхонь треба приймати за чорнові бази такі з них, з якими оброблювана поверхня зв’язана розміром або відносним положенням (рівнобіжна, співвісна та ін.).

Для заготовок, оброблюваних кругом, за чорнові бази слід приймати поверхні з найменшим припуском. Це є гарантією, що не вийде браку через недолік припуску на цій поверхні, коли вона буде оброблятися. Чорнові базуючі поверхні повинні бути по можливості рівними і чистими; на них не повинно бути задирок, виступів, штампувальних і ливарних ухилів.

В якості чорнових баз варто використовувати поверхні рівні та гладкі без поверхневих дефектів, з яких на наступній операції необхідно зняти рівномірний припуск (направляючі в станин, отвору циліндрів двигунів внутрішнього згоряння та ін.).

При виборі баз на наступних операціях потрібно користуватися деякими вказівками.

1. Необхідно використовувати принцип – сполучення баз, тобто як установчу базу приймати поверхню, що є конструкторською або вимірювальною базою. Найбільша точність буде отримана, якщо установочна база збіжиться з вимірювальною і з конструкторською. Якщо вимірювальна база не збіжиться з установочною, виникає погрішність базування. Погрішність

базування залежить від вибору базових поверхонь, тобто тих поверхонь, якими заготовка при обробці впирається на установочні поверхні пристосування. В якості таких баз рекомендується вибирати поверхні, зв'язані точним розміром з поверхнею, що підлягає обробці на даній операції: наприклад, при обробці поверхні (рис. 4.4,а) потрібно витримати розмір *h* з допуском δ_h, до поверхні 1, обробленої, як і поверхня 2, на попередній операції; розмір *H* є вільним розміром (дане з допуском 14 квалітету). В якості бази для встановлення заготовки при обробці поверхні 3 треба вибрати поверхню 1 і щодо неї налагодити різальний інструмент. Якщо базувати деталь не по поверхні 1, а по поверхні 2 (рис. 4.4,б) і налагодити відносно неї пристосування різального інструмента, (на висоту *H*), то $h = H - h_1$, що і викликає похибку базування, тому що точність розміру *H* буде залежати від точності розмірів *H* і $h_1 (\delta_h = \delta_H - \delta_{h_1})$.

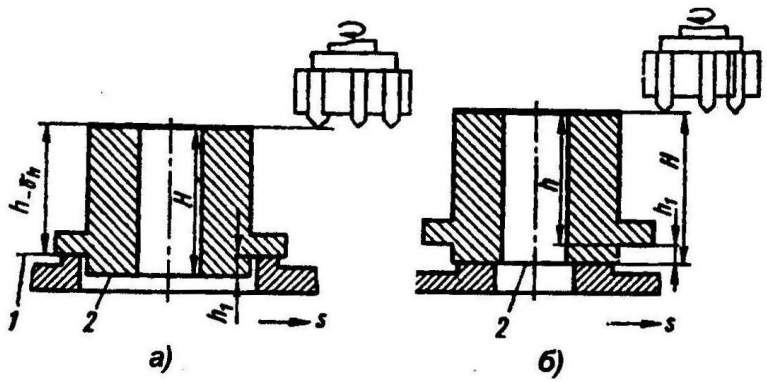


Рисунок 4.4 − Залежність похибки базування від вибору базових поверхонь

3. Якщо сталість бази не може бути витримано, то за нову установочну базу необхідно вибирати яку-небудь оброблену поверхню і робити перерахунок допусків на її розміри, застосовуючи, якщо потрібно, звуження цих допусків.

4. Опорна установочна база повинна мати точну геометричну форму.

Іноді конфігурація заготовки не дозволяє вибрати оптимальну установочну базу, тоді доводиться створювати нові поверхні, призначені тільки для установки заготовки. Такі установочні бази називають штучними. Прикладом штучних баз є центрові гнізда для обробки валів, що центрують канавки в юбці поршнів, отвори в базових поверхнях корпусних деталей.

Вибравши бази як на першій, так і на наступних операціях, необхідно розрахувати погрішності установки, викликані відхиленнями розмірів, і зіставити їх з допусками на поверхнях, які обробляються від цих баз. Допуск на заданий розмір повинен бути рівний або більшим погрішності установки.

При закріпленні заготовки в пристосуванні можуть виникнути пружні деформації, що впливають на точність обробки. Навіть при правильному розташуванні опор і затискних пристроїв у поверхневих шарах установочної бази й опор під дією затискних сил і маси заготовки виникають деформації і відбувається осад заготовки. Деформація поверхневих шарів для всіх заготовок партії не може бути однакова через неоднорідність поверхні установочної бази і зміни маси, тобто в кожної заготовки буде різне осідання. Допустимо, при настроюванні верстата на обробку партії заготовок інструмент був встановлений на розмір *H′* при найменшому осіданні заготовки (рис. 4.5). Номінальний розмір *H* буде змінюватися в межах від *H′* до *H″* при найбільшому

осіданні, тому що при незмінному положенні інструмента установочна база зміщається з положення *m′n′* у положення *m″n″*. Розмір, що витримується *H*, буде додатково змінюватися на величину похибки закріплення $\varepsilon_з = H'' - H'$. Розглянута похибка звичайно невелика, але для важких заготовок, що затискаються з великими зусиллями, вона може мати велику важність. При закріпленні заготовки можливий зсув її з положення, обумовленого установочними базами. Наприклад, заготовка, що має похибку кута установки α між установочною базою і бічною поверхнею (рис. 4.6), при закріпленні може повернутися. Сила затиску *P*, перпендикулярна бічній поверхні, створює момент *M* = *PB* (рис. 4.6,б). Під дією зазначеного моменту заготовка повертається на кут α, і виникає погрішність установки $\varepsilon_з = B\sin\alpha$.

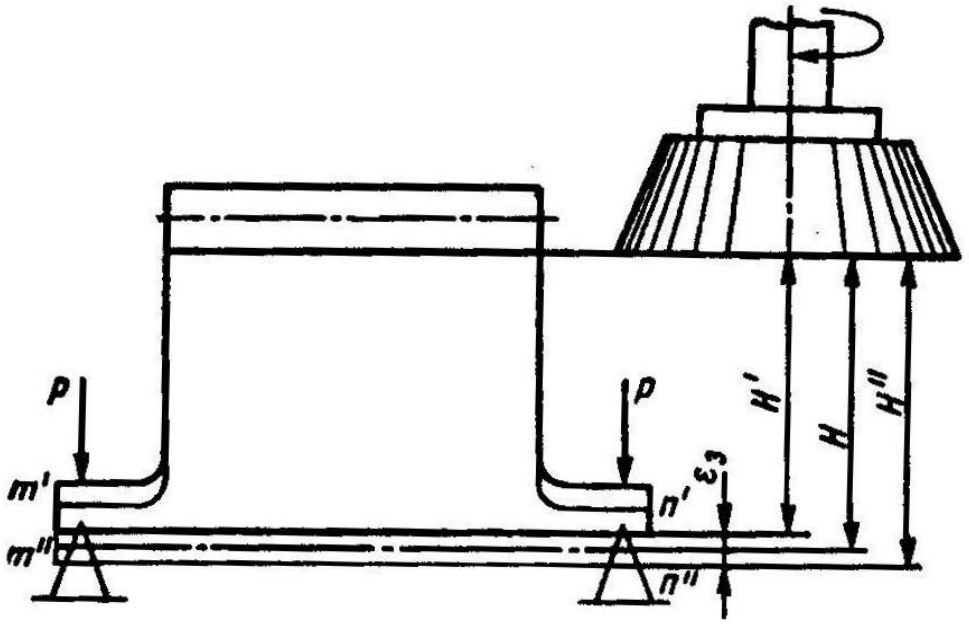


Рисунок 4.5 − Схема осадки заготовки при закріпленні із силою *P*, спрямованої перпендикулярно до опорної бази

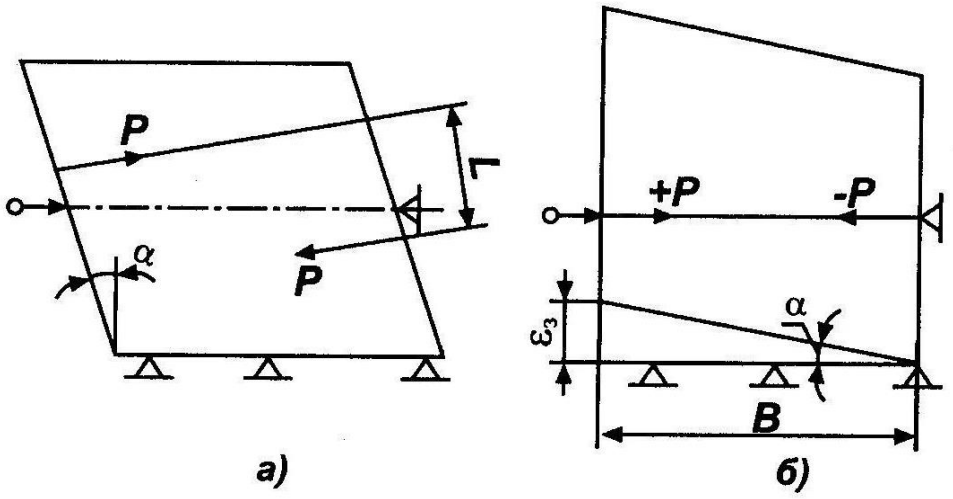


Рисунок 4.6 − Схема повороту заготовки при закріпленні:
а) початкове положення заготовки; б) кінцеве положення заготовки

4.4. Методи та засоби визначення якості оброблюваної поверхні

Якість поверхні, обробленої різальними інструментами, визначається шорсткістю і фізичними властивостями поверхневого шару. Обробкою різання не може бути отримана ідеально рівна поверхня. Різальні кромки інструментів залишають нерівності у виді западин і виступів різної форми та розмірів. Поверхневий шар після обробки різанням суттєво відрізняється від основної маси металу, тому що під дією інструмента його твердість і кристалічна будова змінюється. Товщина дефектного поверхневого шару залежить від матеріалу заготовки, виду і режиму обробки і при деяких видах чорнової обробки досягає 0,5–1 мм.

Від якості поверхні залежать наступні експлуатаційні характеристики деталей: зносостійкість поверхонь пар, що труться, характер посадок рухомих і нерухомих з'єднань, втомна або циклічна міцність при перемінному навантаженні, антикорозійна стійкість поверхонь, аеро– і гідродинамічні властивості поверхонь, що обдуваються газом або обтікаються рідиною.

Зносостійкість деталі визначається стійкістю її поверхневого шару проти пошкодження при терті з дотичною деталлю. Через нерівності поверхонь деталей, що труться, відбувається їх взаємодія лише по вершинах виступів обох поверхонь тертя. Таким чином, тиск однієї деталі на іншу передається лише на фактично перебуваючі в контакті виступи, що можуть зминатися або навіть зрізатися при русі однієї поверхні по іншій. Зминання вершин виступів відбувається інтенсивно на початку роботи двох поверхонь, що труться, поки вони не припрацюються, тобто нерівності згладяться, а сумарна площа контакту збільшиться.

Схема зношування поверхні приведена на рис. 4.7. По осі абсцис відкладений час роботи, по осі ординат – величина зносу. На початку роботи поверхонь, що труться, зношення протягом відрізку часу T_0 наростає інтенсивно до досягнення величини δ_0 (початкове зношення у період «припрацювання»). При цьому зазор між поверхнями швидко збільшується.

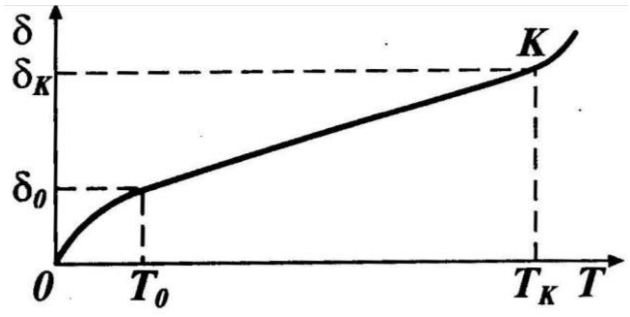


Рисунок 4.7 – Діаграма процесу зношення

Потім інтенсивність зносу зменшується і стає приблизно постійною до досягнення деякої величини δ_k (точка *K*), після чого знову починає зростати до настання моменту руйнування поверхонь, що труться (інтенсивне зношення). Напрямок штрихів на поверхнях тертя впливає на знос, тому що в залежності від напрямку штрихів змазка краще або гірше втримується і розподіляється по поверхнях тертя. Зношення залежить також від твердості поверхневого шару.

Характер посадок рухомих з’єднань залежить від якості поверхні тому, що при значній шорсткості сполучених поверхонь початкова посадка після короткочасної роботи рухомого з’єднання переходить у більш вільну внаслідок зношування цих поверхонь. При нерухомих посадках фактичний натяг, що виходить при запресуванні деталі з більш шорсткуватою поверхнею, виявляється іншим, ніж при запресуванні деталі з менш шорсткуватою поверхнею. Це пояснюється тим, що деталь контролюють при контакті вимірного інструмента з вершинами виступів, що при запресуванні зминаються.

Втомна міцність деталі залежить від шорсткості оброблюваних поверхонь тому, що риски, які утворюються при обробці різанням, викликають концентрацію напружень, і спочатку приводять до появи дрібних тріщин, що надалі збільшуються й руйнують деталь.

Антикорозійна стійкість поверхонь з незначною шорсткістю вища, тому що загальна площа поверхні, контактуюча з кородуючим середовищем, менша. Речовини, що викликають корозію, затримуються на дні западин, а тому чим більша глибина западин і менший радіус заокруглення дна, тим більша дія корозії.

Аеро- і гідродинамічні властивості поверхні залежать від шорсткості, тому що при обтіканні поверхні рідинами і газами опір руху зростає або зменшується в залежності від висоти нерівностей поверхні.

На якість обробленої поверхні впливають багато факторів, наприклад матеріал оброблюваної заготовки, вид оброблення, жорсткості системи верстат–пристосування–інструмент–деталь, характер, форма, матеріал і степінь заточування різальних інструментів, режим обробки і вид мастильно-охолоджуючих рідин (МОР).

При обробці різанням метал спереду різця переходить у пластичний стан під дією сил різання і підвищеної температури. Глибина поверхневого шару із зруйнованою кристалічною структурою залежить від режимів різання і в’язкості матеріалу. При точінні, фрезеруванні, протягуванні, тобто при процесах, що відбуваються з відносно невеликими швидкостями, але з великими силами різання, поверхневий шар наклепується на значну глибину. При шліфуванні внаслідок високих температур у поверхневому шарі виникають структурні перетворення на глибині декількох сотих міліметра; наприклад, після шліфування зовнішній шар сталевої деталі, загартованої на мартенсит, виявляється загартованим на аустеніт; наступний шар – на тростит, і тільки після цього шару випливає шар з початковою мартенситною структурою. На якість поверхні впливають МОР. Вони зменшують тертя між інструментом і заготовкою та знижують температуру поверхонь тертя. Наклеп і шорсткість поверхні залежать від вібрації верстата, інструмента і заготовки. Коливальні рухи в напрямку, перпендикулярному до оброблюваної поверхні, призводять до почергового зближення і видалення різальної кромки інструмента, з оброблюваною поверхнею, створюючи на ній або ж западини, або ж виступи. При високих частотах і малих амплітудах коливальні рухи призводять до безладного розташування виступів і западин.

Коливальні рухи, що виникають при різанні металів, розділяють на вимушені і самозбудні або автоколивання. Вимушені коливання викликаються дією зовнішніх сил. Причинами вимушених коливань можуть бути дефекти зубчастих передач у механізмі приводу верстата, що створюють мінливість швидкості робочого руху, дефекти підшипників шпинделя, недостатня врівноваженість швидкообертових частин (оброблюваної заготовки, патрона, шківів та ін.), що викликає появу динамічних навантажень, нерівномірність шару металу, що знімається.

Самозбудні коливання або автоколивання виникають тому, що будь-яка автоколивальна система володіє властивістю перетворювати енергію постійного джерела в періодичні імпульси, що збуджують і підтримують коливний рух. Основними причинами виникнення автоколивання при різанні металів є або періодичні зміни сил тертя поверхонь інструмента, що ріжуть, об стружку і поверхню заготовки, або періодичний характер пластичних деформацій металу при відділенні стружки.

Критерій оцінки шорсткості поверхні

Числові значення шорсткості поверхні визначають при відліку від єдиної бази, за якої прийнята середня лінія профілю *m*. Середньою лінією профілю *m* називається базова лінія, що має форму номінального профілю і проведена так, що в межах базової довжини *l* середнє квадратичне відхилення профілю до цієї лінії мінімальне (рис. 4.8). Площі, розташовані по обидва боки від середньої лінії до контуру профілю в межах базової довжини, можуть бути рівні між собою, тобто:

$$F_1 + F_3 + \ldots + F_{n-1} = F_2 + F_4 + \ldots + F_n .$$

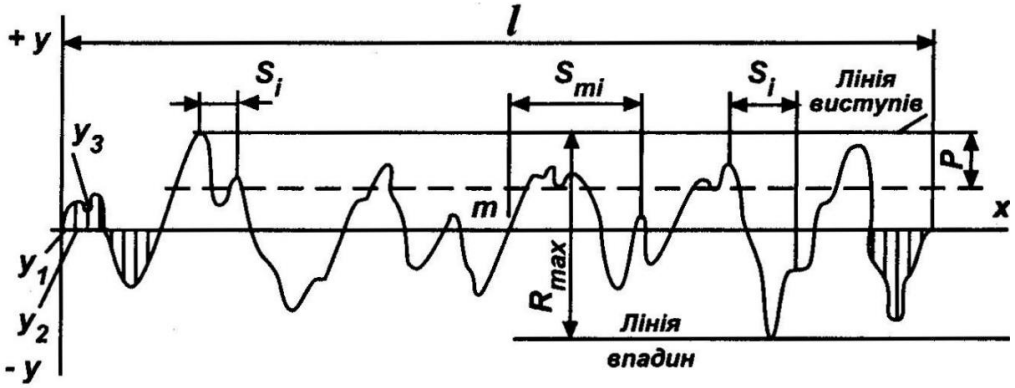


Рисунок 4.8 – Дійсний профіль (профілограма) поверхні

Базовою довжиною *l* називається довжина базової лінії, що використовується для встановлення нерівностей, які характеризують шорсткість поверхні, і для кількісного визначення її параметрів.

Для правильної оцінки шорсткості з врахуванням можливої неоднорідності будови нерівності і розсіювання показів приладу довжину ділянки виміру рекомендується збільшувати до декількох базових довжин.

У цьому випадку за результат виміру приймають середнє арифметичне з результатів виміру шорсткості на декількох ділянках, причому довжина кожної ділянки повинна бути рівна l. Числові значення базової довжини вибирають з ряду: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм.

Кількісно шорсткість поверхні оцінюється середнім арифметичним відхиленням профілю R_a, середнім квадратичним відхиленням профілю R_q, висотою нерівностей профілю по десятьох точках R_z, найбільшою висотою нерівності профілю $R_{\max}$, середнім кроком нерівностей S_m, середнім кроком нерівностей по вершинах *S*, відносною опорною довжиною профілю t_p і радіусами заокруглення ρ виступів і западин нерівностей.

Вимоги до шорсткості поверхні деталей машин, як і вибір параметрів для її оцінки, повинні бути обґрунтованими і встановлюватися виходячи з функціонального призначення поверхонь деталей і їхніх конструктивних особливостей. Розширений комплекс параметрів буде сприяти встановленню обґрунтованих вимог для поверхонь різного експлуатаційного призначення. Наприклад, для поверхонь, що труться, відповідальних деталей встановлюють припустимі значення параметрів R_a (або R_z), $R_{\max}$ і t_p, а також напрямок нерівностей; для поверхонь циклічно навантажених відповідальних деталей – $R_{\max}$, S_m, S та ін. Параметр R_a дає більш повну оцінку шорсткості, тому що для його визначення виміряються і додаються відстані великої кількості точок дійсного профілю до його середньої лінії, тоді як при визначенні R_z виміряються тільки відстані між вершинами і западинами нерівностей.

Форма нерівностей впливає на параметр R_a, але вплив форми нерівностей на експлуатаційні якості деталей величиною R_a оцінити не можна, тому що при різних формах нерівностей значення R_a можуть бути однаковими. Про форму нерівностей можна судити по параметрах S_m, S і t_p.

Вимоги до шорсткості поверхні встановлюють, вказуючи числове значення або діапазон значень одного або декількох параметрів і величину базової довжини, на якій необхідно визначати параметри шорсткості. Значення *l* вибирають не в залежності від R_a або R_z, а виходячи з вимог до шорсткості поверхонь.

Вимоги до шорсткості поверхні встановлюються без обліку дефектів поверхні (подряпин, раковин та ін.).

В технічній літературі та конструкторсько–технологічній документації, випущеній до 1981 року, якість поверхні деталей машин задавалась класами шорсткості поверхні. В таблиці 4.1 приведено співвідношення класів шорсткості та відповідні їм діапазони значень висотних параметрів R_a і R_z та базової довжини *l*.

Часто необхідно встановити вимоги до напрямку нерівностей. Типи й умовні позначення на кресленнях нормованих напрямків нерівностей поверхні зазначені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 −Класи і параметри шорсткості поверхонь

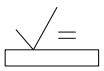
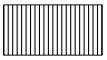
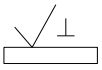
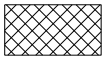
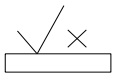
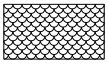
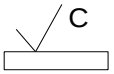
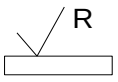
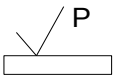
Класи шорсткості поверхонь	*Параметри шорсткості, мкм*		*Базова довжина l, мм*
	R_a	R_z	
1	Від 80 до 40	Від 320 до 160	8
2	Від 40 до 20	Від 160 до 80	
3	Від 20 до 10	Від 80 до 40	
4	Від 10 до 5,0	Від 40 до 20	2,5
5	Від 5,0 до 2,5	Від 20 до 10	
6	Від 2,5 до 1,25	Від 10 до 6,3	0,8
7	Від 1,25 до 0,63	Від 6,3 до 3,2	
8	Від 0,63 до 0,32	Від 3,2 до 1,6	
9	Від 0,32 до 0,16	Від 1,6 до 0,8	0,25
10	Від 0,16 до 0,08	Від 0,8 до 0,4	
11	Від 0,08 до 0,04	Від 0,4 до 0,2	
12	Від 0,04 до 0,02	Від 0,2 до 0,1	
13	Від 0,02 до 0,01	Від 0,1 до 0,05	0,08
14	Від 0,010 до 0,008	Від 0,05 до 0,025	

При вказуванні однакової шорсткості для всіх поверхонь деталі позначення шорсткості розміщують в правому верхньому куті креслення і на зображенні не наносять (рис. 4.9,а).

Якщо шорсткість однієї і тієї ж поверхні різна на окремих ділянках, то ці ділянки розмежовують суцільною тонкою лінією з нанесенням відповідних розмірів і позначень шорсткості (рис. 4.9,б). Позначення шорсткості робочих поверхнях зубів зубчастих коліс, евольвентних шліців та ін., якщо на кресленні не приведений їхній профіль, умовно наносять на лінії ділильної поверхні (рис. 4.9,в).

Знак (√) показує, що всі поверхні деталі, на яких не зображенні те не нанесені позначення шорсткості, повинні мати шорсткість, зазначену перед дужкою.

Таблиця 4.2 − Типи і умовні позначення нерівностей поверхні на кресленні

Тип нерівностей	*Схематичне зображення нерівностей*	*Позначення нерівностей*	*Пояснення позначення нерівностей на поверхні, до шорсткості якої встановлюються вимоги*
Паралельний			Паралельно лінії, що зображає на кресленні поверхню
Перпендикулярний			Перпендикулярно лінії, що зображає на кресленні поверхню
Перехресний			Навхрест у двох напрямках під кутом до лінії, що зображає на кресленні поверхню
Довільний			Різні напрямки по відношенню до лінії, що зображає на кресленні поверхню
Колоподібний			Приблизно колоподібно по відношенню до центру поверхні
Радіальний			Приблизно радіально по відношенню до центру поверхні
Точковий			Точкове (наприклад, після електроерозійної обробки)
Примітка. Останній тип нерівностей (точковий) регламентований СТ СЭВ1632–79			

Шорсткість поверхонь деталей з металів, пластмас і інших матеріалів, вид обробки якої конструктором не встановлюється, позначають на кресленнях знаком √ із вказуванням над ним числового значення в мкм одного з обраних параметрів шорсткості. Величину R_a вказують без символу, а R_z, $R_{\max}$ та інші параметри – із символом, наприклад: $^{1,25}\sqrt{\ }$, $^{Rz10}\sqrt{\ }$.

Позначення напрямку рисок повинне відповідати табл. 4.2.

Значення базових довжин *l*, не передбачених для відповідної шорсткості, вказують над позначенням напрямку $^{Rz32}\sqrt{2,5}$.

Числове значення шорсткості поверхні обмежує тільки найбільшу величину по параметрах $\bigtriangledown$ або $\bigtriangledown$. Якщо необхідно також обмежити і найменшу величину шорсткості, вказують обидва значення параметра: $^{2.5}_{1.25}$, $^{Rz\,20}_{10}$.

Поверхні в стані постачання чи з обробкою без зняття стружки позначають символом ∇, а з обробкою зі зняттям стружкою – ∇ .

Способи обробки поверхонь вказують тільки у випадках, коли вони є єдиними, що гарантують необхідну якість поверхні.

При наявності двох або більше параметрів у позначенні шорсткості значення їх записують зверху вниз у наступному порядку: параметр висоти профілю, параметр кроку профілю, відносна опорна довжина профілю.

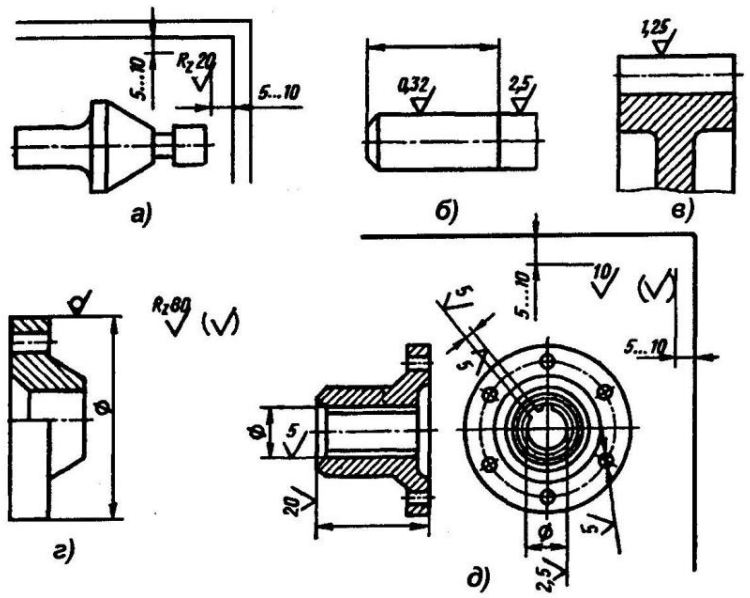


Рисунок 4.9 − Приклади позначення шорсткості поверхні на кресленнях

Розрізняють якісний і кількісний методи оцінки шорсткості поверхні.

Якісний метод оцінки заснований на порівнянні обробленої поверхні зі зразком–еталоном або еталонною деталлю. Порівняння роблять зіставленням відчуттів, отриманих прощупуванням пальцем (а також візуально або за допомогою лупи) обробленої поверхні і поверхні зразка, або зіставленням результатів спостережень у мікроскоп. Таким методом можна визначити шорсткість поверхні не вище $R_a = 0.16$ мкм.

Кількісний метод оцінки заснований на вимірі нерівностей поверхні приладами. Величину нерівностей визначають при обслідуванні досліджуваної поверхні голкою з твердим наконечником. Прилади, засновані на цьому принципі, називаються контактними і розділяються на профілометри і профілографи. У профілометра голка вставлена в стержень, на якому знаходиться індуктивна котушка, поміщена між полюсами постійного магніту. При коливанні голки в котушці утворюється струм, величина якого тим більша, чим більші нерівності. Струм через ламповий підсилювач надходить в інтегруючий контур і потім направляється в гальванометр, стрілка якого показує параметр шорсткості. Профілометри використовуються для визначення шорсткості поверхні $R_z = 10 \div 20$ мкм і $R_a = 0.02 \div 2.5$ мкм. У профілографа алмазна голка зв’язана з дзеркалом, а на дзеркало падає тонкий промінь.

При коливаннях голки, переміщуваної по досліджуваній поверхні, відбитий промінь через систему дзеркал направляється на обертовий барабан із світлочутливим папером, на якій записується профілограмма, що відображає нерівності зі збільшенням по вертикалі в 500–13800 разів і зі збільшенням по горизонталі в 25–1000 разів. Профілографи іншого типу, модуля 201, придатні для оцінки шорсткості в межах $R_z = 20 \div 0.02$ мкм. Їх застосовують при лабораторних дослідженнях. Оцінку шорсткості поверхні оптичними методами роблять за допомогою подвійного мікроскопа (рис. 4.10,а). У ньому промінь світла направляється на поверхню під визначеним кутом, а з протилежної сторони під таким же кутом спостерігають контрольовану поверхню.

Якщо світловий промінь падає на гладку поверхню, то буде видна вузька рівна світлова смужка, але якщо на поверхні маються нерівності, то спостерігається вже зламана смужка світла (рис. 4.10,б). Вимірюючи за допомогою приладу (окуляром-мікрометром) величину зламу смужки, можна визначити шорсткість поверхні.

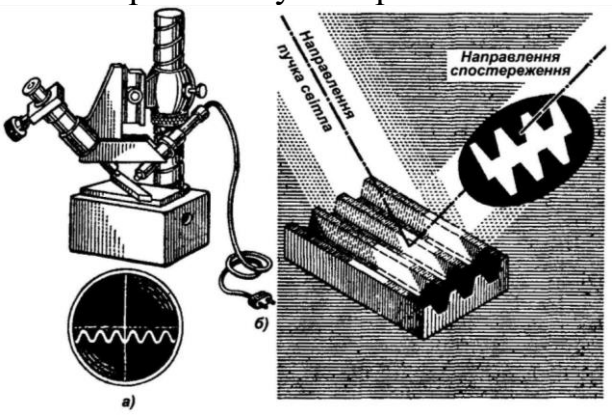


Рисунок. 4.10 − Подвійний мікроскоп

4.5. Припуски на механічну обробку

Під припуском на обробку розуміють шар металу, що залишається заготовці для її обробки. Припуски поділяють на загальні і міжопераційні. **Загальний припуск на обробку** – це шар металу, що видаляється при виконанні всіх технологічних операцій, у результаті яких одержують готову деталь, що відповідає кресленню і технічним умовам. **Міжопераційний припуск на обробку** – це шар металу, що видаляється при виконанні однієї технологічної операції.

Величина припуску впливає на собівартість обробки. Великий припуск збільшує витрати праці, витрату матеріалу деталі й інструмента, що ріже, а також електроенергії, знижує коефіцієнт використання матеріалу, тому що велика його частина перетворюється в стружку. Однак зменшення припуску змушує підвищувати точність необробленої заготовки, що збільшує собівартість її виготовлення. У механічних цехах занадто малі припуски ускладнюють установку заготовок, внаслідок чого потрібно більший час і більш високу кваліфікацію робітника.

Загальний припуск визначається наступними факторами: масштабом виробництва, матеріалом оброблюваної заготовки, розміром і конструктивною формою заготовки, видом заготовки (кування, штампування, відливка, періодичний прокат та ін.), деформацією заготовки при її виготовленні, станом

обладнання, на якому виготовляють заготовки, товщиною дефектного поверхневого шару тощо.

Чавунні виливки мають поверхневий шар, що містить раковини, піскові включення, ковані заготовки, отримані вільним куванням, мають окалину, а штамповані заготовки, отримані гарячим штампуванням, мають зневуглецьований поверхневий шар. Дефектний шар чавунних виливків, отриманих у дерев'яних моделях, скадає 1–6 мм, в поковок 1,5–3 мм, у штампованих заготовок 0,5–1,5 і в гарячого прокату 0,5–1,0 мм.

Міжопераційний припуск залежить від точності і шорсткості поверхні, одержуваних на попередній операції, і від деформацій і дефектів поверхневого шару, що виникає також на попередній операції (наприклад, деформація й зневуглецьовування після термічної обробки).

Дійсний шар металу, що знімається при якій–небудь операції, може коливатися в широких межах. Як правило, операційні допуски направляють у тіло деталі (для отворів – плюс, для валів – мінус). Такий напрямок допусків є зручний через менший ризик отримання браку. Схема розташування міжопераційних припусків і допусків при обробці вала приведена на рис. 4.11.

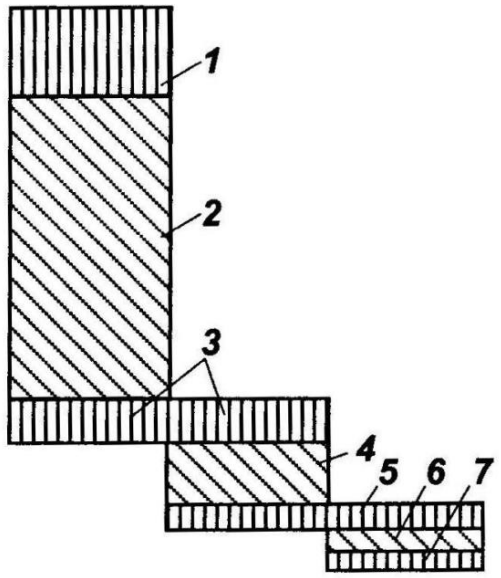


Рисунок 4.11 − Схема розташування припусків і допусків при обробці вала: *1* – допуск на виготовлення заготовки; *2* – припуск на попередню обробку; *3* – допуск на попередню обробку; *4* – припуск на шліфування; *5* – допуск на шліфування; *6* – припуск на доведення; *7* – допуск на доведення

Цілий ряд вчених розробили методику розрахунку припусків на обробку різанням, яка базується на багатьох факторах, діючих в процесі виготовлення й обробки заготовок.

Мінімальний припуск:

для плоских поверхонь:

$$z_{i\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi};$$

для поверхонь обертання:

$$2z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho^2{}_{i-1} + \varepsilon^2{}_{yi}},$$

де z – припуск на сторону для виконуваного переходу; $R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей поверхні, що залишилися при виконанні попереднього переходу; T_{i-1} – глибина дефектного шару, що залишився при виконанні попереднього переходу; ρ_{i-1} – просторові відхилення, що виникли на попередньому переході; ε_{yi} – похибки базування і закріплення, тобто похибки встановлення заготовки при виконуваному переході.

Величини $R_{z_{i-1}}$ і T_{i-1} знаходять з довідкових таблиць. Сумарне значення ρ визначають як векторну суму просторових відхилень $\rho_1 + \rho_2$; погрішності установки ε_y визначають у загальному виді як векторну суму погрішності базування $\varepsilon_б$ і погрішності закріплення $\varepsilon_з$, тобто $\varepsilon_y = \varepsilon_б - \varepsilon_з$. Якщо передбачати напрям векторів важко, то їх підсумовують за правилом квадратного кореня: $\rho = \sqrt{\rho^2{}_1 - \rho^2{}_2}$ і $\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon^2{}_б - \varepsilon^2{}_з}$.

Просторові відхилення при обробці закономірно зменшуються, тому після чистової обробки вони настільки незначні, що ними нехтують.

Поряд з розрахунковим методом визначення припусків на обробку в промисловості широко застосовують дослідно–статистичний метод, при якому загальні і проміжні припуски визначають технологи за таблицями технологічних довідників, складених на основі узагальнення і систематизації даних передових заводів. Але припуски, взяті з таблиць, встановлюють без обліку конкретних умов проектування технологічних процесів. В умовах великосерійного і масового виробництв цей метод встановлення припусків застосовувати недоцільно.

4.6. Зміцнення поверхневого шару деталей технологічними методами

Якість поверхні деталей автомобілів в основному залежить від методу і режимів поверхневої обробки. За певних умов поверхневий шар може бути зміцнений, а іноді ослаблений; тому шляхом технологічної дії необхідно в поверхневому шарі створювати такі механічні властивості та залишкові напруги, які найбільшою мірою відповідають умовам тривалої й надійної експлуатації. Цілеспрямоване формування поверхневого шару із заданими властивостями в процесі виготовлення деталей є однією з найважливіших задач технології автомобілебудування. Якість поверхневого шару може бути підвищена в результаті застосування як звичайних методів при певних режимах, так і спеціальних (зміцнюючих) методів обробки. Поверхневі шари деталей машин формуються в основному на остаточних операціях механічної обробки. На формування цих шарів впливають операції попередньої обробки і навіть заготовчі процеси. При позитивному впливу припуски на чорнову і чистову обробку, а також послідовність виконання операцій встановлюють так, щоб зберегти у деталі отримані нею через технологічну спадковість позитивні якості (наклеп поверхневого шару, залишкові напруги, високу поверхневу твердість, вибілену кірку у відливань та ін.). Залишкові напруги розтягування в поверхневому шарі вимушують збільшувати припуск на подальшу поверхневу обробку. Найбільш важливо отримати високу якість поверхневого шару після шліфування і тонкого точіння, досягнувши 2–3-го класів точності обробки.

Поверхні деталей машин зміцнюють різними методами оброблення без зняття стружки. Ці методи засновані на пластичній деформації поверхневого шару. В результаті застосування цих методів твердість поверхневого шару

підвищується, в ньому виникає наклеп і стискуючі залишкові напруги 40–70 кгс/мм^2. При зміцнюючій обробці ділянок концентрації напружень зменшується вплив цих напруг на міцність деталі. Вплив наклепу сприятливо діє на підвищення межі витривалості деталей. Використовуються наступні методи зміцнюючої обробки, засновані на поверхневій пластичній деформації матеріалу деталі. Застосування методів зміцнюючої технології підвищує довговічність машин, скорочує потребу в матеріалах і запасних частинах, дозволяє зменшити габаритні розміри і масу деталей, а також знижує витрати на виготовлення і експлуатацію машин.

За допомогою пневмодрібоструйних і дрібометних процесів можна очищати і зміцнювати деталі практично будь-якої геометричної форми, маложорсткі, і при цьому не потрібна їх орієнтація в просторі. Введення в дробоударне зміцнення методу гідродрібоударного зміцнення дозволяє зробити процес більш тонкорегулювальним і стабільним. Дробоструйне зміцнення легко піддається автоматизації.

Дробоструйне наклепування застосовують для підвищення межі витривалості деталей із сталі і кольорових сплавів, а також для зміцнення зварних швів. Наклепуванню піддають пружини, листи ресор, зубчаті колеса і інші деталі складних форм після їх остаточної обробки. На якість поверхні впливають розмір і швидкість руху дробу, а також кут, під яким вона вдаряє оброблювану поверхню, витрати дробу і тривалість обробки. Глибина наклепу досягає 0,5–1,5 мм, початкова твердість підвищується на 20–50%, в поверхневому шарі утворюються стискуючі напруження 50–80 кгс/мм^3, а під ним – розтягуючі. Термін служби пружин підвищується в 1,5–2 раз, зубчатих коліс в 2,5 разу, ресор в 10–12 разів. Після обробки дробом шорсткість поверхні Ra = 3,2 – 0,8 мкм; шорсткість грубообробних (початкових) поверхонь зменшується, а чистообробних збільшується.

Деформуючим елементом на пневмодрібоструйних дробометних установках є звичайна дріб. Його класифікують по типу матеріалу – чавунна, сталева, скляна або з матеріалу деталі; по методу виготовлення – лита, рубана з дроту і оббита, кульки від підшипників; по діаметру – від 0,025 до 4–5 мм; по точності – допуск від 0,4 (для дробу) до 0,02 мм (для кульок від підшипників); по геометрії довільна в литому дробі і правильної форми у кульок. Для зміцнення кольорових сплавів рекомендується застосовувати алюмінієвий або скляний дріб.

Практика роботи показує, що витрата сталевого дробу в 30–60 разів менше ніж чавунного, і не дивлячись на те що сталевий дріб дорожче чавунного в 4–5 разів, витрат на сталевий дріб в 8–10 разів менше ніж на чавунній. Максимальна швидкість чавунного дробу лімітується її міцністю і звичайно не перевищує 90 м/с. Застосування сталевого дробу дозволяє збільшувати швидкість в 1,5–2 рази у порівнянні з швидкістю чавунного дробу. Чим менше діаметр дробу, тим нижче шорсткість обробленої поверхні. При підвищеній початковій шорсткості (R_a = 0,42 – 0,85 мкм) обробка дробом дещо знижує шорсткість.

Усі способи дробоструйного зміцнення на оптимальних режимах підвищують мікротвердість поверхні та створюють у поверхневому шарі стискуючі залишкові напруження. Обробці піддають негартовані та термооброблені деталі, використовуючи чавунний або сталевий дріб діаметром 0,4–2 мм. Тривалість обробки не більше 10 хв. Її проводять в спеціальних камерах за допомогою пневматичних або відцентрових дробометів.

Наклепування бойками (чеканку) здійснюють за допомогою пневматичних молотків. Робочим інструментом є сферичний ударник. Від його дії на поверхні залишаються вм'ятини. Метод застосовують для наклепу ділянок концентрації напружень великих деталей до їх остаточної обробки.

Обробка сталевими щітками – ефективний метод зміцнення поверхні деталі на глибину 0,04–0,06 мм. Щітки складаються із сталевих дротів діаметром 0,3–0,1 мм, обертаються з коловою швидкістю 30–45 м/с; їх стійкість – декілька тисяч годин. При обробці щітками середньої жорсткості початкова шорсткість зменшується в 2–4 рази. Через 4–6 разів шорсткість поверхні досягає мінімального значення і далі починає різко збільшуватися з утворенням напливів. На першому етапі мікротвердість поверхневого шару зростає в 1,5–2 рази і далі продовжує наростати, збільшуючись в 3–4 рази проти початкової. Процес для обробки деталей різних типів і розмірів може бути автоматизований.

Обкатування роликами і кульками застосовують для обробки і зміцнення деталей. Обкатування циліндрових поверхонь проводять сталевими загартованими або твердосплавними роликами; рідше сталевими кульками, закріпленими в держаку. Обкатування перехідних поверхонь і канав проводять роликами, а консольних закріплених нежорстких деталей (при обробці на автоматах) за допомогою трироликових головок. Обкатування роликами після чистової обробки лезвійним інструментом зменшує висоту мікронерівностей в 2–3 рази і збільшує несучу поверхню. Після обкатування обточених деталей із сталі 45 ущільнюючими роликами їх межа витривалості може бути підвищена в 2 рази. Якщо метою обробки є зміцнення поверхні, то сили обкатування збільшують; проте в цьому випадку дещо знижується точність обробки.

Розкатування отворів виконують багатороликовими інструментами на свердлильних, токарно–револьверних, горизонтальн–розточувальних і агрегатних верстатах, а також на токарних автоматах. При розкатуванні підвищується твердість поверхневого шару на 20–50% і його зносостійкість в 1,5–2 раз. Такий же результат одержують при дорнуванні отворів кульками і калібруючими облямовуваннями. Розточений або розвернутий отвір можна довести розкатуванням або дорнуванням до R_a = 0,32 – 0,8 мкм.

Важливим параметром при розкатуванні є натяг, тобто величина перевищення діаметра розкатування над діаметром отвору в заготовці. Практично величина натягу встановлюється відомим методом і повинна знаходитися в діапазоні 0,005–0,1 мм для розкатувань діаметром 10–160 мм, причому чисельне значення натягу звичайно вище для більш в'язких матеріалів. Наприклад, якщо для в'язких сталей рекомендується натяг 0,025–0,05 мм при діаметрах розкатувань 25–50 мм, то для більш твердих він повинен

бути нижчим: 0,02–0,03 мм. Величина подачі роликових головок призначається з розрахунку 0,1–0,5 мм/об для одного ролика. Швидкість розкатування вибирається так само, як і при обкатуванні.

Обкатування поверхонь всіх матеріалів, окрім чавуна і міді, рекомендується вести зі змащенням. Для обкатування сталей використовують машинне масло И–20, в яке іноді додається 2–3% олеїнової кислоти, або суміш 50% гасу з сульфофризолом, а при обкатуванні сплавів алюмінію – гас.

Під накатування поверхні обробляють фрезеруванням або струганням до шорсткості R_z = 20 – 6,3 мкм. Після накатування однороликовими або однокульковими обкатниками шорсткість поверхні знижується до R_a = 0,63 – 0,08 мкм, а багатокульковими головками – до R_a = 1,25 – 0,16 мкм.

Діаметри кульок залежно від вимог точності і шорсткості, а також матеріалу обкатувальних деталей, вибираються в діапазоні 12–32 мм, діаметри роликів і радіуси округлення їх робочих частин приймаються відповідно 50–240 і 50–200 мм.

При розкатуванні величину радіального зусилля зумовлює натяг. Так, при розкатуванні отворів в деталях із сталі 20 найменша шорсткість забезпечується натягом 0,2 мм. При натягу 0,3 мм з'являється хвилястість поверхні. Для більш твердої сталі 40Х гранично допустимий натяг 0,3 мм; дюралюміній слід розкатувати при натягу в межах 0,1–0,15 мм.

Обкатуванням, розкатуванням і накатуванням досягається підвищення мікротвердості поверхонь деталей з чавуну і кольорових сплавів. Так, деталі з сірого чавуна після обкатування підвищують свою твердість на 25–40 *HB*. Майже в 1,5 рази можна підвищити твердість деталей з силуміну і латуні, титанових сплавів – до 20%.

Наклеп поверхні відбувається в результаті багатократних ударів по ній кульок, розміщених в диску, що швидко обертається. Цей метод доцільно застосовувати для місцевого наклепування ділянок невеликої протяжності. Після обробки твердість підвищується на 20–60%; при цьому чим вища початкова твердість матеріалу, тим менший ефект наклепу. Шорсткість поверхні після обробки знижується. Шорсткість обточених або шліфованих поверхонь з R_a = 2,5 – 0,4 мкм після наклепування кульками зменшується до R_a = 0,63 – 0,16 мкм. Велике значення має вибір режиму обробки; при неправильно вибраному режимі в поверхневому шарі можуть виникнути розтягуючі напруження. При перенаклепуванні чавунних заготовок поверхневий шар руйнується.

Широкі технологічні можливості покращення експлуатаційних якостей деталей і підвищення їх довговічності за рахунок регулювання параметрів мікрорельєфу поверхні та фізико–механічних властивостей поверхневих шарів має спосіб вібраційної поверхневої пластичної деформації. Зазвичай вібраційне обкатування та розкатування проводить кульками діаметром не менше 3–4 мм. При обробці маложорстких деталей з в'язких матеріалів для створення системи масляних канавок застосовують кульки діаметром 1–2 мм при незначних зусиллях деформації. Для вібраційного обкатування тонкостінних поршневих кілець із сталі Х12М, ІКС 32 – 38 застосовують головки з кульками діаметром

2 мм. Вібраційне обкатування хромованого поршневого кільця не порушує цілісність хромованого покриття, при цьому «запливання» канав не перевищує 10–15% від їх ширини. Параметри режиму віброобробки впливають на основні показники якості поверхні та фізико-механічні властивості поверхневих шарів, а, отже, на довговічність деталей машин. У процесі віброобкатування циліндрових деталей в результаті контакту кульки із заготовкою форма останньої практично залишається незмінною, а зменшення розміру за рахунок пластичної деформації відбувається рівномірно по всій оброблюваній поверхні.

При вібронакатуванні та віброобкатуванні підвищується втомна міцність металу. Істотний вплив на неї має мікрорельєф поверхні, причому визначальним є радіус заокруглювання впадин мікрорельєфу, які відіграють роль концентраторів напруження. Так, вібраційне обкатування деталей підвищує межу їх втомної міцності порівняно з шліфуванням для сталі 45 на 36%; для сталей 40Х і 12Х18Н9Т відповідно на 20% і 38%. При обробці деталей з титанового сплаву 48–Т4 шліфуванням з подальшим обкатуванням і віброобкатуванням межа втомної міцності з 260 МПа в результаті обкатування підвищується до 300 МПа, а віброобкатування – до 340 МПа.

Дорнування є ефективним, широковживаним у промисловості способом зміцнення отворів. Використовується для обробки великих партій деталей. Найбільш часто ця операція служить для отримання низької шорсткості поверхні. При початковій шорсткості в межах R_z = 40 – 6,3 мкм дорнуванням можна понизити шорсткість до R_z = 3,2 – 0,8, а в окремих випадках до R_z = 0,8 – 0,2 мкм. Точність після дорнування зростає до 6–9 квалітету. Дорнуванню піддаються отвори в діапазоні діаметрів від 3 до 120 мм. Слід зазначити ефективність дорнування дрібних отворів, зменшення шорсткості поверхні яких іншими способами представляє велику складність. Дорнуванням обробляються отвори в звичайних і важкооброблюваних сталях і сплавах, в чавунах і кольорових сплавах. Натягом дорнування, залежно від діаметра отвору, приймаються від 0,15 до 0,4 мм, при початковій шорсткості R_z = 40 – 6,3 мкм. Найкращі результати дорнування досягаються при початковій шорсткості R_a = 2,5 – 1,25 мкм і нижче. Дорнування отворів в товстостінних циліндрах великої довжини із сталей 38Х2МЮА і 45 забезпечує необхідну точність і шорсткість, проте на початку отвору вона дещо вище і складає R_a = 0,08 – 0,012, а в кінці – R_a = 0,012 – 0,022 мкм.

Найбільш поширені і зручні багатозубчасті дорни, що складається з набору твердосплавних кілець або цільних багатозубчастих блоків, зібраних на облямовуванні. При дорнуванні отворів невеликих діаметрів, коли конструктивно не можна виготовити дорн збірним, його виконують цільним. Цільні дорни виготовляють із сталей ХВГ, ШХ15, 9ХС або з швидкорізальних сталей. Для дорнування отворів в кольорових сплавах як інструмент можуть застосовуватися загартовані кульки. Сталеві дорни гартуються до максимальної твердості HRC 62–64. Для підвищення зносостійкості на їх робочі поверхні напилюють тверді покриття, азотують або хромують. Хромовані дорни в більшості випадків піддають електролітичному сульфідуванню, яке підвищує зносостійкість і за рахунок цього помітно знижується собівартість дорнування.

4.7. Антикорозійна, термічна та хіміко–термічна обробка металевих виробів

Антикорозійна обробка металевих виробів.

Корозією називають руйнування твердих тіл, металів та сплавів внаслідок хімічної та електрохімічної взаємодії їх з навколишнім середовищем. Агресивним середовищем, що спричиняє корозію, є вода, розчини кислот, лугів і солей, розплави металів і солей, нафтопродукти, промислові гази, висока температура тощо. Майже всі метали, крім золота, платини, срібла та їх сплавів, піддаються корозії. Захист від корозії – складне технічне і важливе народногосподарське завдання. Понад 10% виплавлених металургією залізовуглецевих сплавів втрачається від корозії.

Хімічна корозія є результатом руйнування металів під дією гарячих газів і рідин, які не проводять електричний струм (неелектроліти), – масло машинне, нафта, бензин, спирт, смола тощо. При ньому на поверхні металу утворюються оксидні, сульфідні та інші плівки. Плівки оксиду заліза Fe_20_3, неміцні, легко руйнуються і руйнують послідовно основний метал.

Електрохімічна корозія є результатом руйнування металів в середовищах – електролітах (вода, водні розчини кислот, лугів, солей та інших рідин, що проводять електричний струм). При контакті металу з електролітом іони з поверхні металу переходять в електроліт.

Залежно від умов протікання корозійного процесу розрізняють такі найбільш поширені види корозії: атмосферну (в атмосфері повітря завжди є пари води, кисню та інших вологих газів, кислот і солей); рідинну (в електролітах); ґрунтову (корозію металів в ґрунтах); електрокорозію (під дією зовнішнього джерела електроструму, в тому числі від блукаючих струмів); під дією механічних напружень.

Для оцінки ступеня руйнування металів від корозії застосовують показник корозійної стійкості. *Корозійною стійкістю матеріалів* називають здатність їх чинити опір дії агресивного середовища.

Найпоширенішими способами антикорозійного захисту металів і сплавів є: легування (зміна хімічного складу); нанесення антикорозійних покриттів (металевих, неметалевих, дифузійних); використання інгібіторів (сповільнювачів) корозії.

Легування – створення сплавів з антикорозійними властивостями. До залізовуглецевих сплавів (чавунів, сталей) додають легуючі елементи – хром, нікель, титан. На поверхні виробів з легованих сплавів утворюються щільні оксидні плівки, які захищають вироби від корозії.

Леговані сталі (хромисті, хромонікелеві тощо) широко використовують в хімічній, харчовій та інших галузях промисловості, а також в умовах дії високих механічних напруг. Легування є надійним, але дорогим способом антикорозійного захисту через високу вартість легуючих елементів.

Нанесення антикорозійних покриттів – найпоширеніший спосіб захисту від корозії, який дає змогу ізолювати вироби від агресивного середовища. Застосовують такі види покриттів: металеві, неметалеві та дифузійні.

Покриття металеві – здійснюють корозієстійкими металами (оловом, цинком, міддю, нікелем та ін.) шляхом нанесення їх на поверхню виробів тонким шаром. Використовують способи нанесення: гальванічний, плакування, металізацією напиленням та гарячим нанесенням.

Гальванічне покриття – наносять методом електролітичного осадження, занурюючи вибір в гальванічну ванну з розчином електроліту, на основі корозієстійких чистих металів (цинку, нікелю, кадмію, хрому, срібла, золота та ін.) або їх сплавів. Ці покриття в вигляді плівки надійні, мають гарні декоративні явища, дають змогу точно витримувати задану товщину шару плівки і не потребують нагрівання.

Плакування (термомеханічне покриття) – здійснюють нанесення методом гарячої прокатки або пресування на поверхню металевих листів, плит, дроту, труб тонкого шару іншого металу або сплаву (наприклад, латунного покриття на сталевий лист).

Металізація напиленням – нанесення металізованого антикорозійного покриття, на поверхню виробу розпиленням розплавленого корозієстійкого металу (цинку, алюмінію, титану, хрому та інших) за допомогою потоку стиснутого повітря. Цей спосіб застосовують для нанесення покриттів на великогабаритні вироби і конструкції.

Гаряче нанесення металевого покриття – виріб занурюють у розплав корозієстійкого металу (цинку, олова та ін.) і витримують певний час. Поверхню виробу покриває тонкий шар металу. Цинком покривають стальні листи, труби, дріт, посуд, оловом – консервні банки. Перевагами способу є висока продуктивність і технологічна простота.

Покриття неметалеві утворюють нанесенням на поверхні виробів лаків, фарб, емалей, мастил, гуми, пластмас. Ці покриття можна наносити на поверхні виробів зануренням, розпиленням, за допомогою помазка, вони добре закривають пори, не змінюють властивостей металу, є корозієстійкими і добрими електроізоляторами, легко поновлюються. Неметалеві покриття найпростіший і відносно дешевий спосіб антикорозійного захисту металів і сплавів, майже 90% виробів захищають від корозії цим способом.

Дифузійні (хімічні) покриття – це захисні оксидні, фосфатні, хромові та інші плівки, які створюються під час дії на метал сильних хімічних реагентів.

Оксидування – цілеспрямоване окислення поверхні металічного виробу хімічним або електрохімічним (анодування) способом з отриманням окисної плівки, яка відіграє корозієзахисну або декоративну роль (вороніння).

Фосфатування – створення на стальних виробах антикорозійного поверхневого шару з фосфатів марганцю і заліза.

Хромування – насичення хромом поверхневого шару стальних виробів з метою підвищення твердості, покращення захисно-декоративних властивостей.

Використання інгібіторів – зупиняє або сповільнює корозійні процеси.

Інгібітори – спеціальні хімічні речовини, які, не змінюючи властивостей середовища, знижують корозійну активність металів і сплавів. Одні інгібітори ізолюють поверхні виробу від агресивного середовища, інші порушують дію

мікрогальванічних пар, що утворюється на поверхні виробу, і спричиняють електрохімічну корозію.

Термічна обробка металевих виробів.

У процесі виробництва деталей машин і металовиробів широко використовують термічну обробку (термообробку). *Термічною обробкою* називають сукупність операцій теплової дії на матеріали і вироби з метою зміцнення структури, механічних і фізичних властивостей у необхідному напрямку. Термообробку застосовують на різних стадіях виробництва. Вона може бути проміжною операцією, яка використовується для поліпшення обробки матеріалів тиском, різанням, або заключною операцією, що забезпечує необхідний комплекс фізичних, механічних та експлуатаційних якостей виробів. В основі термічної обробки лежать фазові та структурні перетворення, які відбуваються в металах і сплавах у процесі нагрівання до визначених температур, витримування їх за цієї температури певний час та охолодження з визначеною швидкістю. Вибір термічних режимів проводять користуючись діаграмами стану сплавів.

Внаслідок термообробки вироби (заготовки або деталі) отримують певні властивості: *пластичність, твердість, міцність, корозієстійкість та інші якості.*

Залежно від режимів проведення розрізняють такі види термічної обробки: *відпал, гартування, відпускання, старіння та обробку холодом.*

Відпал – процес нагрівання виробів до визначеної температури, витримування певний час і повільного охолодження. Відпал призначений для зміни форми і розмірів зерен кристалічної будови, усунення фізичної і хімічної неоднорідності, зняття внутрішніх напружень від попередніх обробок (прокатування, кування або лиття), зниження твердості, покращення умов для наступної обробки різанням.

Гартування – процес нагрівання виробів до визначеної температури, достатнього витримування і швидкого охолодження з метою фіксації високотемпературного стану і структури матеріалу, підвищення твердості. Температура нагріву під гартування сталі вибирається залежно віл вмісту в ній вуглецю. Важливим моментом у процесі гартування є швидкість охолодження, яка визначає структуру матеріалу, що утворюється. Швидкість охолодження залежить від застосованого середовища, яким звичайно може бути вода, водні розчини солей і лугів або мінеральні мастила.

При гартуванні виробів виникають значні внутрішні напруження, деталі стають крихкими. Тому після гартування застосовують технологічну операцію – відпускання. *Відпускання* – це процес нагрівання металу до температур нижчих від критичних, при яких починається перекристалізація витримування його при заданій температурі і охолодження на повітрі (іноді в мінеральному маслі або воді). Відпускання пом'якшує дію гартування, знижує внутрішні напруження, зменшує твердість і крихкість, підвищує в'язкість, пластичність, пружність металу.

Старіння – вид термообробки, який використовують для релаксації (ослаблення) внутрішніх напруг.

Природне старіння – витримування на складі протягом тривалого часу в умовах дії змінних факторів – температури, вологості та інших.

Штучне старіння – нагрівання виробів в печах до 100–150°С і охолодження разом з печами.

Обробка холодом – вид термообробки при від'ємних температурах (60–70°С). Проводиться після гартування перед відпусканням (в разі необхідності) в середовищі твердої вуглекислоти (сухого льоду). Як наслідок вироби одержують стабільну структуру, розміри, деяке підвищення твердості та зносостійкості.

Хіміко-термічна обробка сталевих виробів.

Хіміко-термічною обробкою називають процес зміни хімічного складу, структури і властивостей поверхневого шару металу. Суть процесу – дифузія в атомно-кристалічну решітку заліза атомів інших хімічних елементів при нагріванні сталевих виробів з метою поліпшення їхніх властивостей (підвищення твердості, зносостійкості).

Найпоширенішими видами хіміко-термічної обробки сталі є *цементація, азотування, нітроцементація (ціанування) і дифузійна металізація*.

Цементація – насичення сталевих виробів вуглецем. Цей вид обробки дає змогу підвищити твердість поверхні виробу, стійкість до стирання, зносостійкість. Після цементації вироби піддають термічній обробці – нормалізації (відпалу для подрібнення зерен), гартуванню і відпусканню. Цементують зубчасті колеса, поршневі пальці, черв'яки, ролики підшипників тощо.

Азотування – насичення поверхневих шарів сталі азотом. Його звичайно використовують для виробів з легованих сталей, які містять титан, ванадій, вольфрам, молібден, алюміній, хром та ін. Перед азотуванням стальні деталі гартують і відпускають. Азотування надає поверхневому шару високу твердість і опірність, зносостійкість і корозієстійкість. Процес проводять у печах при температурі 500–600°С.

Нітроцементація – одночасне дифузійне насичення поверхневих шарів сталевих виробів вуглецем і азотом. Здійснюється в середовищі з суміші цементуючою (наприклад, вуглеводнів) і азотуючого (аміак) газів, застосовується для підвищення твердості та зносостійкості різального інструмента і відповідальних деталей машин.

Дифузійна металізація – насичення поверхневого шару сталі хромом (хромування), алюмінієм (алітування) та іншими металами. Металізація може здійснюватись в твердому і газовому середовищах. *Тверда металізація* відбувається в сумішах відповідних феросплавів (сплавів заліза з хромом або алюмінієм або іншим елементом) з нашатирем NH_4CI. За температур 800–1200°С утворюються сполуки $CrCI_2$, або $AlCI_2$, тощо, при розпаді (дисоціації) яких, вільні атоми металів (Сг, А1 тощо) дифундують у поверхневі шари оброблюваних виробів. *Газова металізація* відбувається у середовищі хлоридів відповідних металів.

Насичення поверхонь хромом і алюмінієм підвищує жаростійкість сталі. *Хромування*, крім того, збільшує стійкість до спрацювання і корозії виробів.

Контрольні запитання до розділу

1. У чому полягає суть технологічності конструкції?
2. Які завдання вирішують при оцінці технологічності?
3. Застосуванням яких принципів забезпечується технологічність конструкції?
4. Що собою представляє нормалізація?
5. У чому полягає суть стандартизації?
6. Що таке уніфікація?
7. Що називають виробом?
8. Що називають деталлю?
9. Що таке складальна одиниця?
10. Що розуміють під стандартним виробом?
11. Що розуміють під уніфікованим виробом?
12. Що називають комплектом?
13. Що визначає коефіцієнт уніфікації?
14. Що розуміють під запозиченим виробом?
15. Що розуміють під оригінальним виробом?
16. Як оцінюється ремонтопридатність?
17. Що розуміють під систематичними похибками?
18. Які є критерії оцінки шорсткості поверхні?
19. У чому полягає суть корозії металів?
20. У чому полягає суть корозійної стійкості?
21. У чому полягає суть легування?
22. Які є заходи від корозії металів?
23. Які властивості отримуються в наслідок термообробки?
24. Які є види термічної обробки?
25. Які є види хіміко-термічної обробки? Розкрийте їх суть.

РОЗДІЛ 5

ОСНОВНІ МЕТОДИ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ

5.1. Види та режими механічної обробки різанням

Механічна обробка різанням забезпечує отримання на деталях машин поверхонь заданої форми, розмірів і якості шляхом зняття стружки. Найбільш широко розповсюдженими методами обробки металів різанням є: точіння, фрезерування, протягування, стругання, довбання, шліфування, свердління, розвертування, різьбонарізання та ін. Механічна обробка різанням здійснюється шляхом зрізання різальними інструментами шару матеріалу з оброблюваних поверхонь деталі. В якості різальних інструментів, в залежності від застосовуваних методів обробки, використовуються різці, фрези, свердла, протяжки, розвертки, мітчики. Механічна обробка деталей різанням у найпростіших схемах може бути представлена або переміщенням інструменту щодо оброблюваної деталі, або переміщенням деталі щодо інструменту.

Для виготовлення різальних інструментів у даний час застосовуються наступні матеріали: 1) інструментальні вуглецеві сталі (У10А, У12А); 2) інструментальні леговані сталі (ХВГ, 9ХС); 3) швидкорізальні сталі (Р6М5, Р9, Р18, Р9Ф5, Р9ДО5 та ін.); 4) тверді сплави (ВК3, ВК6, ВК8, Т5ДО10, Т15ДО6, Т30ДО4 та ін.); 5) мінералокерамічні матеріали (ЦВ–13, ЦВ–18, ЦМ–332, Т–48 та ін.); 6) алмази; 7) абразивні матеріали. Вибір матеріалів для різних видів і умов обробки варто робити по довідковій літературі.

Елементи режимів різання

Для кількісної характеристики різання розглядаються три елементи режиму різання: а) швидкість різання; б) глибина різання; в) подача.

Швидкістю різання *v* називається шлях переміщення різального леза інструменту, відносно оброблюваної поверхні, за одиницю часу. Швидкість різання виміряється в метрах за хвилину чи в метрах за секунду.

Швидкість різання при обертальному головному русі розраховується за формулою:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ (м/хв.)},$$

де D – діаметр оброблюваної деталі, мм; n – число обертів деталі в хвилину.

При поступальному головному русі швидкість різання визначається швидкістю робочого ходу верстата.

Швидкість різання при обробці будь–яким різальним інструментом є функцією наступних основних перемінних:

$$v = f(T, t, s, H, K_u, q, C_u, O_u, K_o, B, z, D),$$

де T – стійкість інструменту; t – глибина різання; s – подача; H –твердість

оброблюваного матеріалу; K_u – якість інструментального матеріалу; q – січення оправки і розміри різця; C_u – геометрія частини інструмента, що ріже; O_u – наявність охолодження; K_o – наявність окалини чи кірки на оброблюваній поверхні.

При фрезеруванні додатково впливають на швидкість різання ширина фрезерування B, число зубів фрези z і її діаметр D.

Глибиною різання *t* називається відстань між оброблюваною й обробленою поверхнями, виміряне перпендикулярно до останньої. При точінні глибина різання визначається як піврізниця діаметрів деталі до і після обробки, тобто:

$$t = \frac{D - d}{2} \ ,$$

де D – діаметр деталі до обробки; d – діаметр деталі після обробки.

Глибина різання t визначається величиною припуску на обробку і прийняту кількість проходів. Кількість проходів залежить від величини припуску, а також від потужності й твердості верстата. Економічно доцільно весь припуск знімати за один прохід, однак при точній обробці припуск приходиться знімати в два і більш проходи. При цьому копіювання погрішностей форми заготовки на обробленій поверхні знижується до меж, практично невідчутних.

Подачею *s* називається величина переміщення різального леза інструменту у напрямку допоміжного руху в міліметрах за одиницю часу, за один оберт оброблюваної деталі (точіння), за один робочий хід (стругання і довбання), на один зуб фрези (фрезерування) та ін. У залежності від того, у напрямку якого допоміжного руху відбувається подача, розрізняють подовжню, поперечну та, вертикальну подачі та ін. Величину подачі s, швидкості різання v, зусиль, що виникають у процесі різання, потужності, потрібної для здійснення процесу різання, можна визначити для різних методів обробки металів різанням за формулами, наведеними у табл. 5.1.

Точіння

При точінні розрізняють повздовжню подачу – рівнобіжну осі обертання заготовки, поперечну подачу – перпендикулярну цій осі, та похилу (комбіновану) подачу, спрямовану під кутом до осі обертання заготовки. Інструментами при точінні служать різці. Різець складається з головки, що є робочою частиною, і тіла державки, що служить для закріплення різця в супорті чи різцетримачі (рис. 5.1). У залежності від виду верстата, на якому виконується точіння, різці для точіння розділяються на різці для токарських верстатів, револьверних верстатів, автоматів та ін. По призначенню різці поділяються на прохідні, відрізні, розточувальні, фасонні та ін. По роду матеріалу, з якого виготовлений різець, розрізняють різці зі швидкорізальних сталей, твердосплавні різці, різці з мінералокерамічними пластинками, алмазні різці. По конструкції різці можуть бути суцільними і складеними, прямими, відігнутими, з відтягнутою головкою, із круглим, квадратним чи прямокутним стрижнем, правими чи лівими (в залежності від напрямку різального леза), рис. 5.2.

Таблиця 5.1 − Формули для розрахунку режимів різання

Шукана величина	*Розрахункова формула*	*Значення величин, що входять у формулу*
Точіння		
Швидкість різання	$v = \frac{C_v \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot k_8 \cdot k_9}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v} \cdot \left(\frac{HB}{200}\right)^n}$ (м/хв.)	T – стійкість інструмента, хв.; t– глибина різання, мм.; s – подача на один оберт, мм; HB – твердість оброблювано–го матеріалу по Брінелю; R_z – середня висота мікронерівно–стей; r – радіус сполучення задніх поверхонь різця, мм; φ і φ_1 – головний і допоміжний кути в плані, град; η – к.к.д. верстата. Значення коефіцієнт–тів C_v, C_s, C_p, $k_{1\div9}$, $k_м$, k_φ, k_r, k_j, k_h і показників ступеня m, x_v, y_v, n, y, u, z, x, x_{p_z}, y_{p_z}, n_{p_z} вибираються за довідниками
Подача	$s = \frac{C^S \cdot R_z^y \cdot r^u}{t^x \cdot \varphi^z \cdot \varphi_1^z}$ (мм/об.)	
Зусилля різання	$P_z = C^p \cdot t^{x_{p_z}} \cdot s^{y_{p_z}} \cdot HB^{n_{p_z}} \cdot k_м \cdot k_\varphi \cdot k_r \cdot k_j \cdot k_h$ (кг)	
Ефективна потужність, використана на рух деталі	$N_Э = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 75}$ *л.с.* $N_Э = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 102}$ *квт.*	
Потужність двигуна верстата	$N_\partial = \frac{N_Э}{\eta}$ (кВт)	
Фрезерування		
Швидкість різання	$v = \frac{C_v \cdot D^{p_v} \cdot k_u \cdot k_\varphi \cdot k_м}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_z^{n_v} \cdot B^{r_v}}$ (м/хв.)	D – діаметр фрези, мм; T – стій–кість фрези в хв. машинного часу; t – глибина фрезерування, мм; s_z – подача на один зуб, мм; z – число зубів фрези; $У$ – шири–на фрезерування, мм; $n_ф$ – число оборотів фрези в хвилину. Значення C_v, C_s, C_p, C_N, k_u, k_φ, $k_м$, k_γ, k_v, k_h і p_v, m, x_v, n_v, r_v, x_s, y_s, z_s, x_p, y_p, r_p, q_p, x, y, r, q, n вибираються за довідниками
Подача: на зуб у хвилину	$s = \frac{C_s \cdot R_z^{x_s} \cdot D^{z_s}}{t^{y_s}}$ (мм/зуб) $s = s_z n_ф$ (мм/хв.)	
Колова сила різання	$P = C_p \cdot t^{x_p} \cdot s_z^{y_{p_z}} \cdot B^{r_p} \cdot D^{q_p} \cdot k_\gamma \cdot k_v \cdot k_м \cdot k_h$ (кг)	
Ефективна потужність	$N_Э = C^N \cdot t^{x_N} \cdot s_z^{yN} \cdot B^{r_N} \cdot D^{q_N} \cdot z^{n_N} \cdot n$ (кВт)	
Протягування		
Швидкість різання	$v = \frac{C_v}{T^m \cdot a_z^{y_v}} \cdot k_u$ (м/хв.)	T – стійкість протягування, хв; a_z – товщина шару, що зрізу–ється одним зубом, мм; l – дов–жина периметра, мм; k – число стружкороздільних канавок на одному зубі; γ і α передній і задній кути, град. Значення C_v, C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, K_u і m, y_0, x вибираються по довідниках. 1,15 – коеф. впливу на силу різання
Сила різання	$P_z = 1.15 \cdot l\left(C_1 \cdot a_z^x + C \cdot k + C_3 \cdot \nu - C_4 \cdot \gamma - C_5 \cdot \alpha\right)$ (кг)	

Закінчення таблиці 5.1

Свердління		
Швидкість різання (для сталі з НВ 155)	$v = \frac{C^v \cdot D^q \cdot HB^{n_v}}{T^m \cdot t^x \cdot s_0^y} \cdot k_u \cdot k_l$ (м/хв.) $v = \frac{C^v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_0^y \cdot HB^{n_v}} \cdot k_u \cdot k_l$ (м/хв.)	D – діаметр свердла в мм; T – стійкість свердла в хв.; t – глибина різання в мм; s_0 – подача за один оберт свердла в мм; n – число обертів свердла в хвилину. Значення C_v, C_s, C_1, C_3,k_u, k_l і n_p, m, x, q, n_v, y вибираються за довідниками
Допустима подача	$s_0 = C_s D^{0.6}$ (мм/про)	
Зусилля подачі	$Px = C_1 \cdot D^q \cdot s_0^y \cdot HB^{n_p}$ (кг)	
Момент різання	$M = C_3 \cdot D^q \cdot s_0^y \cdot HB^{n_p}$ (кг*м)	
Ефективна потужність	$N_э = \frac{M_n}{1.36 \cdot 716200}$ (кВт)	
Зенкерування		
Швидкість різання	$v = \frac{C_v \cdot D^q \cdot HB^{\pm n_v}}{T^m \cdot t^x \cdot s_0^y} \cdot k_u$ (м/хв.)	D – діаметр зенкера, мм; T – стійкість зенкера, мм; t – глибина різання в мм; s_0 – подача на один оберт, мм. Значення C_v, C_s, k_u, i q, n v, m, x, y вибираються за довідниками
Подача	$s_0 = C_s \cdot D^{0.6}$ (мм/про)	
Розвертування		
Швидкість різання	$v = \frac{C_v \cdot D^q \cdot HB^{\pm n_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s_0^{y_v}} \cdot k_u$ (м/хв.)	D – діаметр отвору, мм; T – стійкість розвертки, мм; t – глибина різання, мм; s_0 – подача на один оберт, мм; Значення C_v, C_s, k_u, i q, m, x_v, y_v вибираються з довідників
Подача	$s_0 = C_s \cdot D^{0.7}$ (мм/об.)	

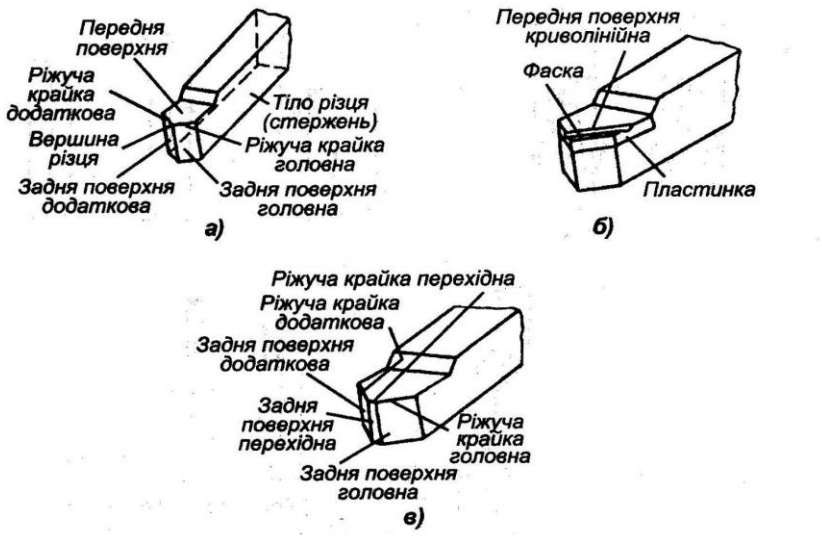


Рисунок 5.1 − Елементи робочої частини різця:
а) без фаски передньої поверхні; *б*) з фаскою передньої поверхні;
в) з передньою крайкою, що ріже

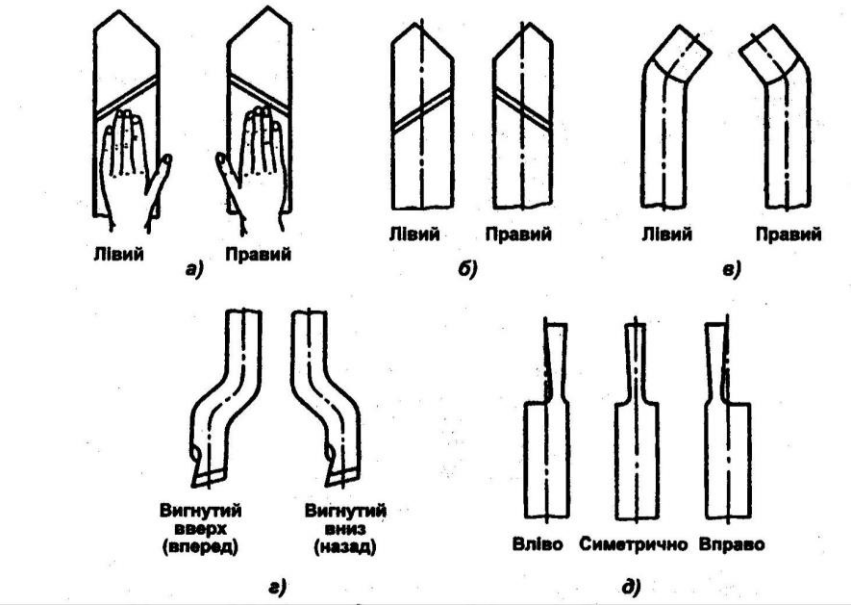


Рисунок 5.2 − Різновиди правих і лівих різців: *а*) правий і лівий; *б*) прямі; *в*) відігнуті; *г*) вигнуті; *д*) з відтягнутою головкою

Стругання і довбання

Стругання і довбання застосовуються для обробки плоских і фасонних поверхонь за допомогою різців на стругальних і довбальних верстатах. Головним рухом при струганні й довбанні є прямолінійний рух різального інструменту, чи оброблюваної заготовки. При цьому здійснюється головний рух – зворотно-поступальний: після кожного робочого ходу відбувається холостий хід, під час якого відбувається допоміжний рух – подача інструменту чи заготовки. Стругання і довбання здійснюється за допомогою стругальних і довбальних різців. Ці різці в порівнянні з токарними різцями працюють у більш важких умовах, тому що в оброблюваний матеріал вони завжди входять з ударом. Тому переріз цих різців приймають у 1,25–1,5 рази більший, ніж токарних, при тому ж січенні стружки, що знімається.

Фрезерування

Фрезерування є широко розповсюдженим видом механічної обробки плоских і фасонних поверхонь. З загального парку устаткування промисловості фрезерні верстати складають до 18%, а окремі виробництва мають частку фрезерних верстатів до 50–60% усього заводського парку верстатів. Основні види робіт, що виконують на фрезерних верстатах, зображені на рис. 5.3.

Головним рухом при фрезеруванні є обертальний рух інструмента, що ріже, допоміжним – подовжня, поперечна, вертикальна чи комбінована подача оброблюваної заготовки. В якості різального інструменту при фрезеруванні використовуються фрези. Фреза являє собою багатолезовий різальний інструмент у виді тіла обертання, на торці якого розташовані різальні зуби. Для кріплення фрези на верстаті в її корпусі є посадковий отвір, яким фреза встановлюється на оправку, або корпус фрези забезпечується хвостовиком, що закріплюється в патроні верстата.

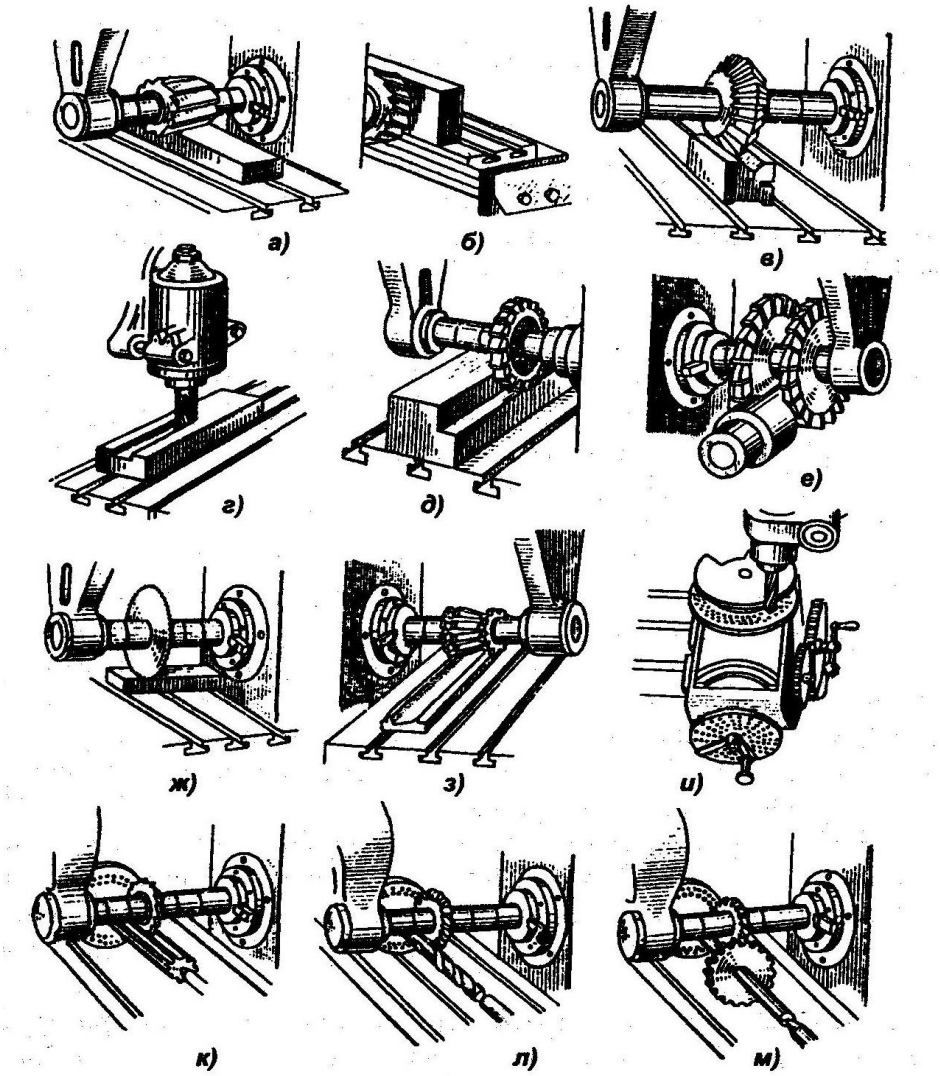


Рисунок 5.3 –Роботи, виконувані на консольно-фрезерному верстаті: *а*) фрезерування площини циліндричною фрезою; *б*) фрезерування площини торцевою фрезою; *в*) фрезерування похилих площин кутовою фрезою; *г*) фрезерування паза кінцевою фрезою; *д*) фрезерування уступу дисковою тристоронньою фрезою; *е*) фрезерування набором двох дискових тристоронніх фрез; *ж*) розрізання дисковою відрізною фрезою; *з*) фрезерування поверхні фасонною фрезою; *и*) фрезерування криволінійного контуру кінцевою фрезою; к) фрезерування шліцевих канавок на валику; *л*) фрезерування гвинтової канавки; *м*) фрезерування зубчастого колеса

Фреза має багато спільного з різцем як по геометричних параметрах різальної частини, так і з параметрів режимів різання. Однак процес фрезерування має свої специфічні особливості: товщина шару, що зрізується кожним зубом, змінюється від нуля до максимуму a_{max}, що відповідає подачі на один зуб; на довжині ділянки, що зрізується, одночасно знаходиться декілька різальних зубів; кожен зуб зрізує метал з перервами; значна маса корпуса фрези сприяє кращій тепловіддачі.

Фрези виготовляються зі швидкорізальної сталі, зі звичайної вуглецевої сталі й оснащуються пластинками з твердого сплаву чи металокераміки. Фрези можуть бути суцільними чи збірними. По конструкції фрези поділяються на циліндричні, торцеві, кінцеві, дискові, фасонні та ін.

Основними елементами режиму різання при фрезеруванні є: глибина різання, ширина фрезерування, подача і швидкість різання. Глибина фрезерування t виміряється як відстань між оброблюваною й обробленою поверхнями. Ширина фрезерування B – ширина поверхні, оброблюваною фрезою за один прохід. Подачі при фрезеруванні розрізняються по напрямку: вони бувають подовжні, поперечні і вертикальні. При безупинному фрезеруванні на вертикально-фрезерних верстатах, карусельно-фрезерних і барабанно-фрезерних може здійснюватися кругова подача. При фрезеруванні розрізняють подачі: на один зуб s_z (мм/зуб), на один оберт фрези s_0 (мм/про) і хвилинну подачу $s_{хв}$ (табл. 5.1).

Протягування і прошивання

Протягування є високопродуктивним процесом обробки круглих і фасонних отворів, плоских і фасонних зовнішніх поверхонь спеціальними багатолезовими інструментами – протяжками на горизонтальних і вертикальних протяжних верстатах. Прошивання – процес обробки круглих і фасонних отворів багатолезовими інструментами – прошивками, що відрізняється від процесу протягування способом надання робочого руху інструменту і виконуваний на пресах. Головним рухом при протяганні та прошиванні є поступальний рух різального інструменту вздовж його осі, здійснений щодо нерухомої оброблюваної заготовки. Подача, що здійснюється за рахунок допоміжного руху, при протяганні і прошиванні забезпечується конструкцією різального інструмента.

Багатолезові різальні інструменти, що застосовуються при протяганні і прошиванні – забезпечуються значним числом зубів, розташованих на тілі інструмента, один за іншим у напрямку робочого руху протягування чи прошивання (рис. 5.4). Кожен наступний зуб протяжки чи прошивки має висоту, що перевищує висоту попереднього зуба на деяку величину, названу підйомом на зуб. Підйом зубів визначає величину подачі на зуб. У залежності від призначення протяжки і прошивки, виду оброблюваного матеріалу подачу на зуб приймають від 0,02 до 0,15 мм. Останні кілька зубів у протяжці є калібруючими, працюють без навантаження при дуже зменшеній подачі на зуб; цим забезпечується висока точність і чистота оброблюваної поверхні. Крім того, зуби, що калібрують, подовжують термін служби інструмента, тому що при переточуваннях зуб протягування (прошивання) зішліфовується на величину подачі на зуб і найближчий зуб, що калібрує, починає виконувати роботу зуба різальної частини.

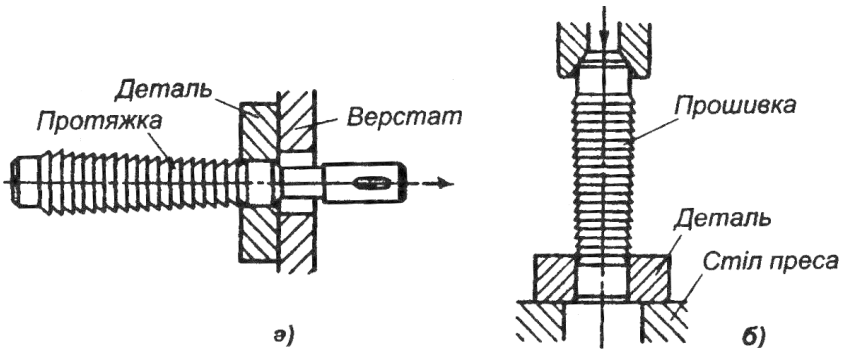


Рисунок 5.4 − Схеми роботи: *а*) протяжки; *б*) прошивки

Довжина протяжки чи прошивки залежить від прийнятої подачі на зуб і величини припуску на обробку. Довжина протяжки обмежується довжиною ходу протяжного верстата і можливостями термічної обробки протяжки. Довжина прошивки обмежується необхідністю зниження впливу поздовжнього вигину інструмента при прошиванні. Для їх виготовлення застосовуються леговані інструментальні сталі ХВГ, ХВ5 і швидкорізальні сталі Р9 і Р18.

Для напрямку по попередньо обробленому отворі протяжки і прошивки забезпечуються передньою направляючою частиною, а для збереження належного положення інструмента щодо оброблюваної поверхні наприкінці роботи, коли в контакті з деталлю знаходяться 1–2 зуби протяжки чи прошивки, за останнім їх зубом, що калібрує, передбачається задня направляюча частина, виготовлена відповідно до розмірів остаточно обробленої поверхні деталі. Для кріплення протяжок в патроні протяжного верстата використовують хвостовики.

По роду оброблюваних поверхонь протяжки і прошивки можуть бути для обробки внутрішніх (замкнутих) поверхонь і для обробки зовнішніх (відкритих і напівзамкнутих) поверхонь. По профілю оброблюваних поверхонь протяжки і прошивки поділяються на круглі, шліцеві, багатогранні, зубцюваті, квадратні та ін. Крім того, протяжки і прошивки розрізняють за прийнятою схемою різання. Схемою різання визначається послідовність і порядок зрізання припуску протяжкою. Прийнята схема різання визначає форму і розміри кожного зуба інструмента. Найбільш поширені три основні схеми різання:

1. Профільна схема різання (рис. 5.5,*а*) полягає в тому, що припуск зрізується інструментом, усі зуби якого мають контур, подібний до контура поперечного перерізу остаточно обробленої поверхні деталі. Виготовлення такого інструменту виявляє деякі труднощі через необхідність надання кожному відповідного профілю.

2. Генераторна схема різання (рис. 5.5,*б*) характерна тим, що весь припуск зрізується рівномірними шарами, форма яких відрізняється від форми обробленої поверхні.

Профільна і генераторна схеми різання передбачають наявність декількох зубів, що калібрують, розміри яких відповідають остаточному розміру оброблюваного отвору. Генераторна схема отримала найбільше поширення, тому що за цією схемою найлегше здійснити виготовлення протяжок.

3. Прогресивна схема різання (рис. 5.5,*в*) передбачає поділ робочих зубів по секціях, що допускає деяке збільшення товщини зрізуючого шару кожною секцією. При цьому досягається зменшення питомого тиску стружки, що приводить до зменшення загальної сили протягування. Ця схема застосовується у випадку, якщо небезпечний переріз протяжки недостатній по міцності і вимагає обмеження зусилля протягування.

При протягуванні і прошиванні величина підйому на зуб, що рівна товщині зрізування кожним зубом, може розглядатися, з одного боку, як глибина різання для окремо узятого зуба інструмента та, з іншого боку, як подача на зуб для протягування чи прошивання в цілому. Величина підйому на зуб вибирається в залежності від матеріалу оброблюваної деталі по довідковій літературі.

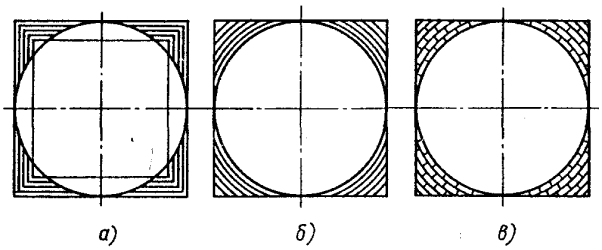


Рисунок 5.5 − Схеми різання при протягуванні: *а*) профільна; *б*) генераторна; *в*) прогресивна

Свердління

Свердління – найбільш широко розповсюджений спосіб отримання отворів у суцільному матеріалі, здійснюваний за допомогою різної конструкції свердл на верстатах свердлильного і токарного типу, а також на деяких спеціальних верстатах. Головним рухом при свердлінні, що забезпечує швидкість різання, є звичайне обертання інструмента, а рухом подачі – безупинне прямолінійне переміщення різального інструменту, у напрямку своєї осі. Можливий варіант забезпечення головного руху при свердлінні за рахунок обертання оброблюваної заготовки при нерухомому свердлі і допоміжному русі – за рахунок подачі заготовки при нерухомому інструменті. Крім того, у деяких спеціальних випадках головний рух при свердлінні може створюватися одночасним обертанням і заготовки й інструмента.

Свердління отворів проводиться свердлами: спіральними, перовими, центрувальними, спеціальними для глибокого свердління та ін. (рис. 5.6).

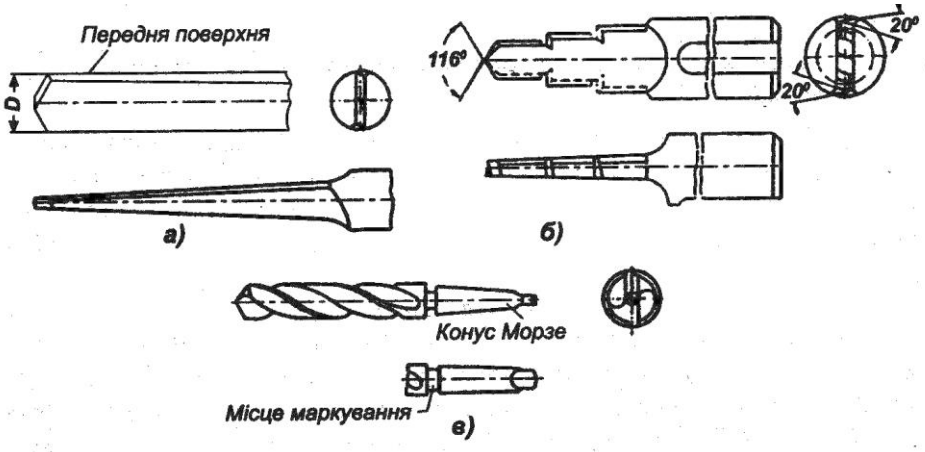


Рисунок 5.6 − Свердла: *а*) перове; *б*) багатоступінчасте перове; *в*) спіральне

Значне поширення отримали спіральні свердла. Вони складаються з робочої спіральної частини, що мають на кінці дві різальні кромки і канавки для відводу стружки з оброблюваного отвору, та хвостовик, яким свердло кріпиться у патроні чи конусній втулці, встановлених у шпинделі верстата. Широко використовуються свердла, робоча частина яких оснащена твердосплавними пласинами (рис. 5.7). Свердла великих розмірів нерідко виготовляються збірними. Конструктивні елементи спіральних свердл стандартизовані.

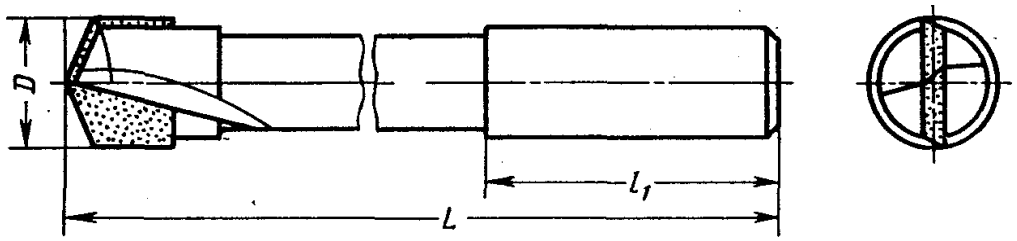


Рисунок 5.7 − Свердло з припаяною пластинкою з твердого сплаву

Глибина різання t при свердлінні спіральними свердлами в суцільному матеріалі дорівнює половині діаметра отвору, що просвердлюється. Максимальна припустима подача s_0 на один оберт встановлюється по нормативних таблицях або ж визначається аналітично за формулами (табл. 5.1).

Зенкерування

Зенкерування застосовується для обробки отворів, отриманих литтям чи штампуванням, попередньо просвердлених з метою надання стінкам отворів більш правильної геометричної форми і підвищення чистоти їхньої поверхні. Воно здійснюється по тій же кінематичній схемі різання, що і свердління.

Зенкерування виконується спеціальними багатолезовими інструментами – зенкерами. Зенкер, як і інші різальні інструменти, має робочу частину, на якій розташовані зуби, що ріжуть, і конструктивні елементи – для кріплення зенкера на верстаті – хвостовик для кріплення зенкера в патроні чи конусній втулці або отвір у корпусі зенкера для кріплення його на оправі. За конструкцією різальної частини зенкер багато в чому подібний до свердла, але на відміну від останнього має три чи чотири різальні леза, рис. 5.8. Зуби, що ріжуть, можуть чи виконуватися заодно з зенкером, чи у виді вставних ножів, що кріпляться в його корпусі. Як матеріали для виготовлення частини зенкера, що ріже, використовуються інструментальні, леговані і швидкорізальні сталі, а також пластинки твердих сплавів. За призначенням зенкери служать для обробки наскрізних чи глухих отворів і для отримання циліндричних чи конічних поглиблень (зенковки) та ін.

Глибина різання при зенкеруванні рівна півризниці діаметрів оброблюваного отвору:

$$t = \frac{D - d}{2},$$

де d – діаметр чорнового отвору; D – діаметр обробленого отвору.

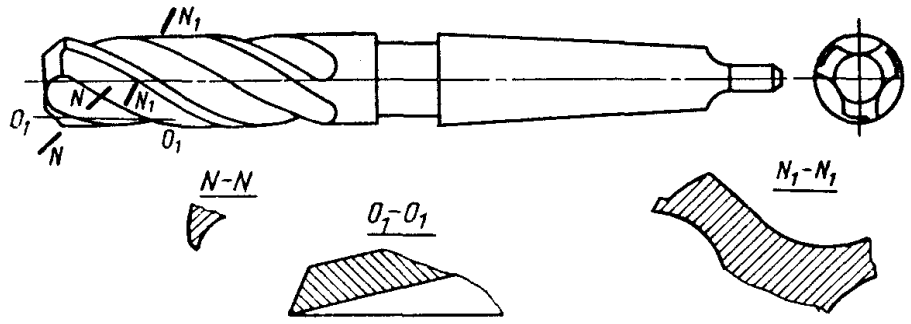


Рисунок 5.8 − Тризубий зенкер

Максимально припустима подача на один оберт і швидкість при зенкеруванні отворів визначається формулами (табл. 5.1).

Розвертування

Розвертування – процес остаточної обробки отворів для надання їм точності, що вимагається, і чистоти поверхні. Кінематична схема різання, головний і допоміжний рухи, застосовуване устаткування при розвертуванні такі ж, що і при свердлінні чи зенкеруванні.

Розвертування виконується за допомогою багатолезового інструмента – розвертки (рис. 5.9). Конструктивне виконання подібне зенкеру і відрізняються від останнього числом зубів (6 – 12) і більш положистою забірною частиною зубів. Крім того, на конструкцію розвертки впливає та обставина, що навантаження на зуб менш значні, ніж навантаження на зуб зенкера.

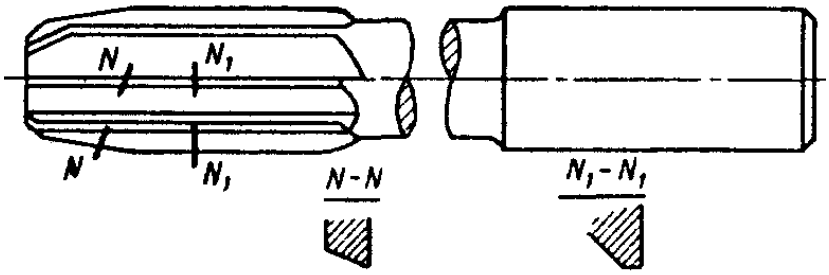


Рисунок 5.9 − Циліндрична розвертка

Розвертки, як і зенкери, виготовляються цільними чи насадними, з циліндричним чи конічним хвостовиком, із зубами, що складають одне ціле з тілом розвертки, виконаними у виді вставних ножів. Крім того, в залежності від призначення, розвертки можуть бути циліндричними або конічними, у залежності від методу роботи – ручними чи машинними, з постійним діаметром чи регульованими, із прямими або ж гвинтовими канавками та ін.

Для виготовлення розверток використовуються інструментальні вуглецеві, леговані і швидкорізальні сталі, а також тверді сплави.

Основні конструктивні елементи і виконавчі розміри діаметрів різальних частин стандартизовані. Глибина різання t при розвертанні дорівнює різниці діаметрів після розвертування D і до розвертування d:

$$t = \frac{D - d}{2}.$$

Подача на один оберт розвертки s_0 і швидкість різання визначається за формулами (табл. 5.1).

Процеси різання (точіння, фрезерування, свердління та ін.) супроводжуються тертям інструмента об поверхню різання й оброблену поверхню, тертям стружки, що сходить, об передню поверхню інструмента, що ріже, пластичною деформацією стружки, значним виділенням тепла. З метою зниження тертя, поліпшення тепловіддачі від різального інструмента, і оброблюваної деталі, для підвищення стійкості інструмента, точності і якості поверхні оброблюваної деталі при механічній обробці різанням у деяких випадках застосовують рідини, що охолоджують і змащують. Охолодження при механічній обробці різанням проводиться звичайно при роботі інструментами з вуглецевих, легованих і швидкорізальних сталей, а також при роботі абразивним інструментом. Особливе значення застосування охолодження здобуває у випадках, коли потрібно одержувати точні розміри і високу чистоту оброблюваної поверхні, наприклад, при розточуванні, зубо- і різенарізанні та ін.

В якості охолоджуючо–змащувальної рідини використовуються водяні розчини емульсолу, кальцинованої соди, мінеральні масла, гас та ін. Змащувально–охолоджувальні рідини подаються в зону різання безупинним струменем, у розпиленому виді, наносяться на частину різального інструмента.

Шліфування

Шліфуванням називається процес абразивної обробки деталей машин, здійснюваний відділенням від оброблюваної поверхні дрібних часток матеріалу шляхом драпання її зернами різального інструменту. Шліфування застосовується при обробці зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь, а також плоских і фасонних поверхонь деталей. Головним рухом при цьому служить обертовий рух різального інструмента, а допоміжним – або тільки один поступальний, або тільки один обертовий, чи одночасно поступальний і обертовий рухи подачі. Швидкість різання при шліфуванні складає 30 – 60 м/с. Глибина шліфування обмежена припуском і точністю обробки, подача обмежена шириною шліфувального кола. Швидкість обертання деталі розраховується по формулах, приведеним у довідниках. Шліфувальні операції виконують на шліфувальних верстатах марок 3Б722 – плоскошліфувальний, 3А151 – круглошліфувальний, 5В833 – зубошліфувальний.

Шліфування здійснюється абразивним інструментом у виді цільних кругів і головок різної конфігурації або кругів, складених з окремих сегментів, що закріплюються в металевому корпусі. Для різних видів шліфування застосовуються різноманітні за формою і розміром круги. Форми і розміри

кругів і сегментів, що випускаються абразивною промисловістю, стандартизовані. Найчастіше застосовуються види шліфувальних кругів (за ДСТ 2424–52), що зображені на рис. 5.10. Шліфувальні круги, головки і сегменти являють собою тверді тіла, що складаються із зерен абразивних матеріалів, скріплених між собою допоміжними матеріалами – зв'язками.

Матеріали для шліфувальних кругів. Абразивні матеріали поділяються на природні і штучні. До природного відносяться: наждак, кварц і корунд. Основні штучні абразивні матеріали – електрокорунд, карбід кремнію, карбід бора.

Абразивні матеріали, призначені для виготовлення абразивних інструментів і для використання у вільному виді на шліфувально-полірувальних операціях, розділяються по величині зерна на три групи: шліфзерно, шліфпорошки і мікропорошки та 26 номерів зернистості.

Сполучувальні матеріали, чи зв'язки, поділяються на дві групи:

1) неорганічні зв'язки, основним видом яких є керамічна зв'язка;

2) органічні зв'язки (бакелітова і вулканітова).

Керамічна зв'язка (К) володіє великою хімічною стійкістю і не боїться вологи; по цих якостях вона перевершує всі інші зв'язки. Однак через малу пружність і велику крихкість керамічні зв'язки не допускають виготовлення тонких кругів великого діаметра. Крім того, через малу пружність керамічних зв'язок при шліфуванні виникає підвищене тертя з утворенням великої кількості тепла, що призводить до пропалу поверхні, що шліфується, і утворенню дрібних тріщин на поверхні. Незважаючи на зазначені недоліки, на керамічній зв'язці виготовляється близько 70% загальної кількості кругів, застосовуваних для різних шліфувальних робіт.

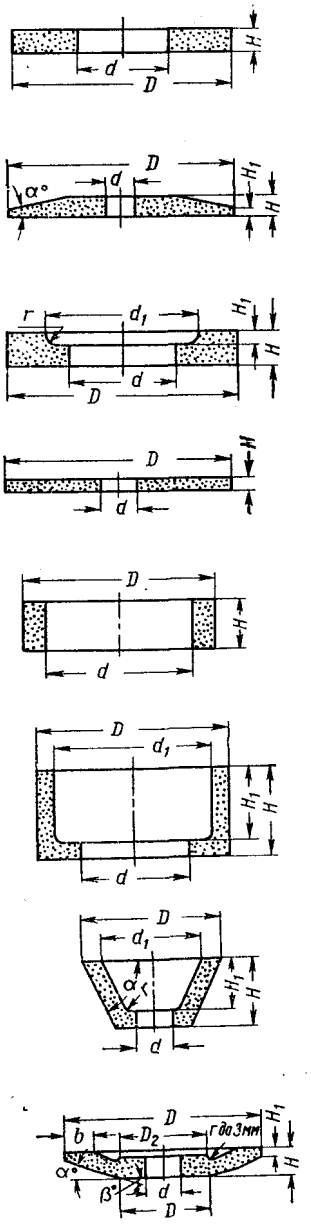


Рисунок 5.10 – Види шліфувальних кругів

Бакелітова зв'язка (Б) має високу міцність і велику пружність, велику пористість у порівнянні з іншими органічними зв'язками, знижене теплоутворення в процесі шліфування і допускає застосування високих окружних швидкостей при роботі кола (до 50 м/с). Разом з тим бакелітова зв'язка має певні недоліки у порівнянні з керамічною: підвищену щільність і меншу пористість, що утрудняє видалення стружки; крім того, вона при нагріванні більш 180°С втрачає міцність.

Вулканітова зв'язка (В) складається з каучуку з добавкою до 30% сірки, має велику пружність і високу міцність, що дозволяють застосовувати при роботі вулканітовими колами колової швидкості до 75 м/с. Однак при

температурі 150°С вулканітові абразивні круги розм'якшуються, а при температурі 200°С вулканітова зв'язка починає вигорати.

Характеристика абразивного інструмента. Абразивний інструмент (круги, головки, сегменти) характеризується формою і розмірами, маркою абразивного матеріалу, видом зв'язки, зернистістю, твердістю інструмента і типом структури. Форми і розміри абразивного інструмента регламентовані стандартами і вибираються в залежності від виду оброблюваних поверхонь і методу шліфування. Марка абразивного матеріалу і вид зв'язки визначаються умовами роботи інструмента і вибираються на основі викладених вище розумінь. Зернистість кола визначається зернистістю застосовуваного для його виготовлення абразивного матеріалу. Під твердістю абразивного інструмента розуміється опірність зв'язки вириванню абразивних зерен з поверхні інструмента під впливом зовнішніх зусиль. По твердості абразиви поділяються на м'які (М1, М2, М3), середньої м'якості (СМ1,СМ2), середні (З1, З2), (СТ1, СТ2, СТ3), тверді (Т1, Т2), дуже тверді (ВТ1, ВТ2) і надзвичайно тверді (ЧТ1, ЧТ2). Структура круга визначається кількісним співвідношенням між обсягами наявних у ньому абразивних зерен і зв'язкою. Розрізняють три групи структур: щільні з обсягом зерен 62–66%, середньої густини з обсягом зерен 54–50% і відкриті з обсягом зерен 48–38% від загального обсягу. Простір між зернами на робочій поверхні круга з відкритою структурою на 20–25% більше, ніж у кругів середньої густини структури. Це полегшує умови видалення стружки при шліфуванні і зменшує небезпеку засолювання круга. Вибір зернистості, твердості і структури круга варто здійснювати по довідковій літературі в залежності від матеріалу, що шліфується, необхідної точності обробки і якості поверхні.

Шліфувальні круги виготовляються з електрокорунда нормального 12А, 16А (при виготовленні інструментів на органічній зв'язці). Вони використовуються для обробки заготовок з вуглецевих незагартованих сталей і легованих чавунів. Електрокорунд Е14, і Е 18 виготовляються на різних зв'язках для обробки конструктивних і легованих сталей. Абразивні інструменти виготовляються з білого електрокорунду марок 23А–25А. Вони використовуються при швидкісному прецезійному шліфуванні. Абразивні інструменти, виготовлені з монокорунда марок 43А, 44А, 45А використовуються для обробки легованих, жаростійких сталей і сплавів у гартованому виді. Для обробки оптичних елементів, кераміки і твердосплавних інструментів використовують карбіди кремнія зеленого 62С, 63С і 64С.

Шліфувальні круги маркуються: ПП350×50×127 24А25ПСМ15К. Розшифровується таким чином: ПП – круг плоский; 350 – зовнішній діаметр, мм; 50 – товщина круга, мм; 127 – діаметр отвору, мм; 24А – електрокорунд білий; 25П – зернистість; СМ1 – твердість; 5 – структура; К – керамічна зв'язка.

Алмазні абразивні інструменти. Особливе місце серед абразивних інструментів займають алмазні інструменти. Алмаз по своїй твердості перевершує усі відомі природні і синтетичні матеріали і є з цього погляду найкращим матеріалам для виготовлення різального (у т. ч. й абразивного) інструменту. Висока вартість природних алмазів стримувала їх впровадження в

області механічної обробки різанням. Тому розробка методу промислового отримання синтетичних алмазів, що мають твердість однакову з природними і володіють великою однорідністю, відкрила широкі можливості для використання алмазного інструмента. Синтетичні алмази використовуються головним чином для виготовлення алмазно-абразивного інструмента, що застосовується при заточенні і доведенні різального інструмента, для зовнішнього, плоского, внутрішнього і фасонного шліфування, оздоблювальних видів обробки різних виробів, для різання й обробки природного каменю, кераміки, напівпровідникових і інших важкооброблюваних матеріалів.

Алмазно-абразивний інструмент виготовляється на органічних, металевих і керамічних зв'язках. Інструмент на органічних зв'язках майже не засалюється і забезпечує в зоні різання більш низьку температуру, але порівнянню з інструментом на інших зв'язках може працювати без охолодження, з великою продуктивністю, забезпечуючи високу чистоту оброблюваної поверхні.

Інструменти на металевих зв'язках більш зносостійкі, надійно утримують зерна абразивного порошку і забезпечують невелику питому витрату алмазів, але температура в зоні різання в цьому випадку в два-три рази вища, ніж в інструмента на органічних зв'язках. Цей інструмент застосовується там, де потрібно велике знімання матеріалу, при роботі він більш схильний до засолювання, ніж інструмент на органічних зв'язках, вимагає інтенсивного охолодження. Алмазно-абразивний інструмент на керамічних зв'язках дозволяє шліфувати сталі та чавуни, а також заточувати твердосплавний інструмент разом з державкою.

Алмазно-абразивний інструмент складається з корпуса й алмазного шару, що виготовляється з обліком ефективного його використання. Здатність, різати, продуктивність і термін служби абразивного інструмента визначає концентрація алмазів в алмазному шарі. Під концентрацією 100% приймається вміст у 1 мм^3 алмазного шару 0,878 мг алмазів; під концентрацією 50% і 25% – відповідно менший вміст алмазів у 2 і 4 рази. Форми й основні розміри шліфувальних алмазних кругів визначаються за ДСТ 9770–61.

Охолодження при шліфуванні. Охолоджувальні рідини застосовуються в процесі шліфування з метою: зниження зусиль різання і потужності внаслідок зменшення тертя; зменшення засолювання круга внаслідок швидкого охолодження і відводу стружки; запобігання органічної зв'язки від надмірного нагріву; поліпшення чистоти оброблюваної поверхні; зменшення можливості появи припалів; досягнення більшої точності обробки внаслідок зменшення нагріву деталі; підвищення довговічності верстата унаслідок видалення абразивного пилу; усунення шкідливої дії абразивного пилу на робітників.

В якості охолоджувальної рідини при шліфуванні використовують: 1% водяний розчин кальцинованої соди і 0,15% нітрату натрію; 2% розчин мильного порошку; 2–3% водяний розчин кальцинованої соди; 5–7% водяний розчин емульсії; 3,5% водяний розчин нейтрального емульсола на основі олеїнової кислоти. При шліфуванні алюмінію застосовуються гасові емульсії, при притирочному і оздоблювальному шліфуванні чистий гас у суміші з легкими мінеральними оліями, при шліфуванні різьби легкі мінеральні масла.

5.2. Обробка зовнішніх циліндричних поверхонь

Деталі класу «круглі стержні» поділяються на наступні типи: вали, осі, пальці, тяги, штоки, клапани. Основні представники деталей класу «круглі стержні» – вали. Існують наступні конструктивні різновиди валів: гладкі, ступінчасті, ексцентричні, кулачкові, колінчаті і шліцеві. Вали можуть мати на окремих ділянках конусні поверхні, шпонкові канавки, шліци, різьби, отвори, шестерні виконані з валом як єдине ціле. Найбільше часто застосовуються вали діаметром 30–80 мм і довжиною 150–1000 мм. Розрізняють вали жорсткі (L/D≤10) і нежорсткі (L/D >10), де L – довжина вала; D – діаметр у середній частині. Жорсткі вали можуть оброблятися на токарних верстатах у патронах і в центрах без люнетів, а нежорсткі вимагають їх застосування.

Вали виготовляються з вуглецевих і легованих конструкційних сталей (Ст.3–Ст.5, 35, 40, 45, 40М, 50М, 40Х, 45Х, 50Х та ін.) і, як правило, піддаються термічній обробці. Твердість термічно обробленого вала задається з урахуванням умов його роботи. Так, шліцеві вали бурякозбиральних комбайнів зі сталі 40Х мають твердість на шийках HRC 28–34, а на шліцах HRC 33–40.

Для економії металу шляхом зменшення розмірів деталі при збереженні її міцності в даний час замість вуглецевих сталей застосовуються низьколеговані сталі. Так, замість сталі Ст.3 використовуються сталі 09М2, 09М2С, 12ГС, замість Ст.5 – 20М2С, 10М2Б та ін. При виготовленні колінчатих валів двигунів використовується також високоміцний глобулярний чавун.

Для окремих ділянок валів (посадкові шийки, шліци) тракторів і автомобілів звичайно застосовується поверхнева термічна обробка – загартування струмами високої частоти.

Точність обробки окремих ділянок валів і шорсткість поверхні залежать від призначення й умов роботи вала. Шийки валів, призначені для посадки підшипників кочення, обробляються по 6 квалітету із шорсткістю R_a = 1,25–0,63 мкм. Для посадок зубчастих коліс, зірочок, муфт обробка повинна здійснюватися по 8–11 квалітетах з шорсткістю R_a = 5–2,5 мкм. Поверхні валів, що не спряжуються, виконуються по 14 квалітету із шорсткістю R_z = 80–40 мкм.

Вид заготовки для виготовлення вала залежить від матеріалу, конструкції і розмірів деталі. Найбільш часто для тонких і довгих ступінчастих валів застосовується круглий прокат. Заготовки для коротких ступінчастих валів з великими перепадами діаметрів можуть виготовлятися шляхом штампування чи кування на горизонтально–кувальних машинах чи на іншому ковальському устаткуванні. Використовуються також ротаційне кування, прокатка на кувальних вальцях. Для деталей автомобілів широке поширення отримали заготовки з каліброваної сталі 9 – 11 квалітетів точності. Їх можна перетворити в готові деталі без великого обсягу токарної обробки. Для валів, виготовлених з високоміцного чавуну (колінчаті, кулачкові й ін.) заготовками служать виливки. Прутки, як заготовки валів, як правило, мають кривизну, що перевищує допустимі межі, тому їх до механічної обробки піддають виправленню в холодному чи гарячому виді на правильно-каліброваних машинах. Заготовки валів із прокату вирізуються на прес-ножицях, фрезерно-

відрізних, ножівкових, абразивних, токарних і токарно-револьверних верстатах. Для отримання заготовок із прокату великого діаметра застосовується газопломеневе різання.

Найчастіше обробка валів включає такі етапи: 1) підрізання обох торців заготовки по черзі чи одночасно; 2) центрування заготовки з двох сторін; 3) чорнове обточування (звичайно з двох установок); 4) чистове обточування; 5) чорнове шліфування шийок; 6) фрезерування шпонкових пазів чи шліців; 7) свердління отворів; 8) нарізування різьби; 9) термічна обробка; 10) чистове шліфування шийок. В залежності від конструктивних особливостей вала і технічних вимог маршрут обробки може ускладнюватися введенням додаткових операцій: токарної обробки під люнет, полірування, проміжного виправлення та ін. Більшість валів обробляють зі встановленням в центрах, що забезпечує високу продуктивність, точність, легкість встановлення і доступність для замірів. У зв'язку з цим заготовки повинні піддаватися попередній обробці, що полягає в підрізуванні торців і виготовленні центрових отворів. Така обробка може здійснюватися на токарних верстатах із затиском заготовки у трикулачковому патроні і люнеті. Центрування заготовок може виконуватися на дво– і односторонніх центрувальних верстатах, а підрізування торців зазвичай здійснюється на повздовжно- чи горизонтально-фрезерних верстатах. У великосерійному і масовому виробництвах доцільно виконувати фрезерування торців і центрування отворів на фрезерно–центрувальних верстатах моделей МР73М, МР76М, МР78М. Принципова схема роботи фрезерно-центрувального верстата зображена на рис. 5.11.

Дрібні ступінчасті валики діаметром до 25 мм і довжиною до 150 мм обробляються на автоматах повздов–жнього точіння, рево–льверних чи токарних верстатах. Вали великих діаметрів обробляються на токарних верстатах, токарногідрокопіюваль–них чи багаторізцевих напівавтоматах. Останні використовуються для обробки багатоступінчатих валів при великому припуску на обробку.

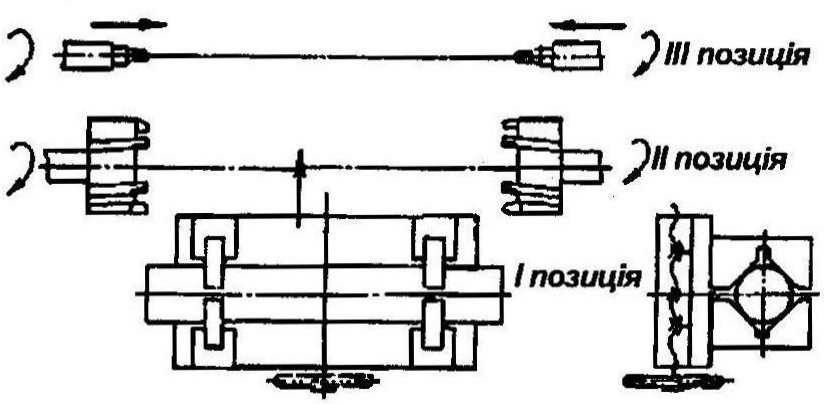


Рисунок 5.11 − Принцип роботи фрезерно–центрувального верстата

У великосерійному і масовому виробництвах обточування валів здіснюється на вертикальних багатопозиційних токарних багатошпиндельних напівавтоматах моделей 1282, 1ДО282, 1А283, на одпошпиндельних багаторізцевих напівавтоматах моделей 1А720, 1А730, 1721 і на токарних гідрокопіювальних напівавтоматах 1712, 1722 та ін. У средньосерійному і дрібносерійному виробництвах використовуються токарні верстати, оснащені гідрокопіювальними супортами й іншими пристроями, що прискорюють роботу

шляхом зменшення допоміжного часу. При обробці на напівавтоматах досягається 11 квалітет точності. Обробка на гідрокопіювальному напівавтоматі одним різцем часто виявляється більш вигідною, ніж на багаторізцевому, тому що час настроювання гідрокопіювального напівавтомата в 2–3 рази менше, а обробка більш точна, особливо при довгих проходах.

При обробці в центрах – передній центр обертається разом з деталлю, не зношуючись, нерухомий задній центр зношується. Широке поширення набули обертові центри, хоча вони менш жорсткі і вібростійкі. Радіальне биття їх не повинно перевищувати 0,2 допуску на биття обробленої поверхні деталі. Для передачі обертального моменту від шпинделя на деталь застосовують пальцеві повідкові патрони і хомутики, трьохкулачкові патрони, швидкозатискні повідкові патрони з поворотними кулачками чи повідкові потопаючі передні центри. При обробці довгих валів використовуються люнети, що підвищують жорсткість заготовки при обробці в 8 – 11 разів. Рухомі люнети (двохкулачкові) переміщаються разом з різцем, нерухомі (трьохкулачкові) закріплені на верстаті і проходження різця не допускають. Під люнет здійснюється попереднє проточування опорної шийки на заготовці або на заготовку надівається гільза, зовнішня поверхня якої служить опорною шийкою. Кулачки люнета можуть бути ковзаючими, виготовленими з бронзи, або стальними, з роликовими наконечниками. Іноді замість роликів використовуються кулькові підшипники.

Для обробки жорстких ступінчастих валів широко застосовуються токарні багаторізцеві напівавтомати. Економічна точність обробки на них звичайно відповідає IT11–IT13, тому доцільно використовувати їх для чорнової обробки. Характерною рисою цих напівавтоматів є одночасна робота декількох різців, встановлюваних у передньому і задньому супортах. Різці переднього супорта виконують повздовжнє обточування, заднього – проточування канавок, підрізання торців, виступів і зняття фасок. Конусні поверхні обробляються за допомогою копірувальних лінійок, встановлених у передньому супорті. Обробка довгих ділянок циліндричних поверхонь валів здійснюється одночасно декількома різцями шляхом розподілу довгої ділянки на короткі складові. Приклад налагодження токарного багаторізцевого напівавтомата показаний на рис. 5.12.

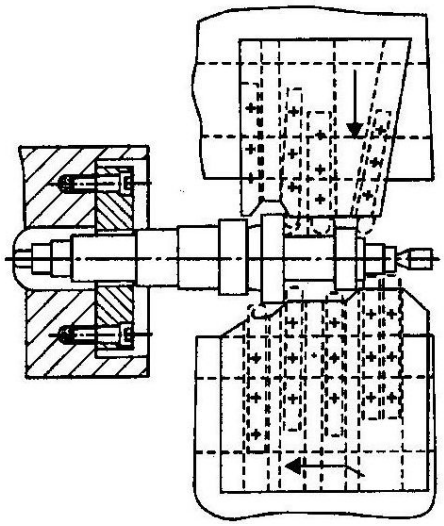


Рисунок 5.12 − Наладка токарного багаторізцевого напівавтомата для обробки ступінчастого вала

Широке застосування для обробки ступінчастих валів на заводах автотракторобудування отримали токарні гідрокопіювальні напівавтомати. Поздовжнє обточування заготовки здійснюється за допомогою гідросупорта, керованого копіром чи еталонною деталлю. На цих верстатах може виконуватися чорнове і чистове точіння валів по 8–10 квалітетах точності.

5.3. Обробка внутрішніх циліндричних поверхонь

Клас деталей втулки поєднує деталі у виді порожнистих тіл обертання, характерними конструктивними параметрами яких є довжина деталі і товщина стінки. До класу деталей втулки можуть бути віднесені деталі наступних типів: гільзи, циліндри, втулки, поршні, маточини коліс, барабани, склянки, вкладиші підшипників.

За конструктивними ознаками розрізняються втулки таких типів: гладкі, з буртом, із фланцем, розрізні, тонкостінні й ін. Втулки звичайно застосовуються як підшипники ковзання з відношенням довжини до діаметра не більш 2. Обробка зовнішніх і внутрішніх поверхонь здійснюється по 6–8 квалітетах точності із шорсткістю внутрішньої поверхні R_a = 2,5–0,32 мкм і зовнішньої – R_a = 2,5–1,25 мкм.

Часто отвори у втулках остаточно обробляються після їхнього запресовування. Поверхні торців втулок можуть мати шорсткість R_z = 40–10 мкм. Для виготовлення втулок застосовуються бронза, латунь, сірий і ковкий чавун, біметалічні стрічки, сталь і пластмаси.

У залежності від розмірів і конструктивних особливостей заготовками втулок можуть служити виливка у виді окремих заготовок, порожніх чи суцільних стержнів, ковані, штамповані, суцільнотягнуті труби, калібровані чи гарячекатані прутки. Для втулок із внутрішнім діаметром понад 20 мм доцільно застосовувати порожні заготовки у виді труб, виливків і штамповок.

Технологічні процеси обробки втулок розрізняються в залежності від конструктивних особливостей деталі і виду заготовки. При обробці втулок зі штучних порожнистих заготовок доцільно дотримувати такої послідовності: зенкування отвору, підрізання торця і зняття фаски; чорнове і чистове обточування зовнішньої поверхні, підрізання другого торця втулки, зняття фасок, обробка бурта, проточка канавок, нарізання різьби й ін.; свердління мастильної канавки.

Обробку внутрішньої і зовнішньої поверхонь рекомендується виконувати на токарно–револьверних верстатах моделей 1341, 1П365, токарних багатошпиндельних, горизонтальних патронних напівавтоматах моделей 1А240П–6, 1А240П–8 та ін. Перша операція виконується з закріпленням деталі в трикулачковому патроні, друга – зі встановленням на шпиндельній розтискній оправці. Для інших операцій використовуються різні верстати (свердлильні, шліфувальні) в залежності від характеру виконуваної роботи.

Обробка втулок із прутків звичайно виконується з одного установа на токарно–револьверних верстатах і автоматах (1Н325, 1А340, 1Б136, 1Б140, 1А240–6, 1А240–8) у наступному порядку: підрізування торця в прутка, центрування під свердління, свердління отвору, чорнове і чистове обточування зовнішньої поверхні, зняття фасок, розвертування і відрізання. Зняття внутрішньої фаски з протилежного торця втулки є окремою операцією.

Обробка втулок з пустотілих заготовок у виді труб і стержнів може здійснюватися з попереднім розрізанням заготовки чи без неї. У першому випадку наступна механічна обробка здійснюється за схемою виготовлення

втулок зі штучних заготовок, у другому обробка ведеться з одного установа в послідовності, передбаченої для виготовлення втулок із прутка (за винятком свердління, що заміняється зенкеруванням).

Отвори втулок, установлюваних з натягом у корпусні деталі, як правило, обробляються остаточно після запресовування втулки.

У дрібносерійному й індивідуальному виробництвах обробка втулок здійснюється звичайно на токарно-гвинторізних верстатах. Приклад настроювання токарно-револьверного верстата з вертикальною віссю обертання револьверної головки на виготовлення втулки з прутка показаний на рис. 5.13. Втулка гладка, без буртів і канавок.

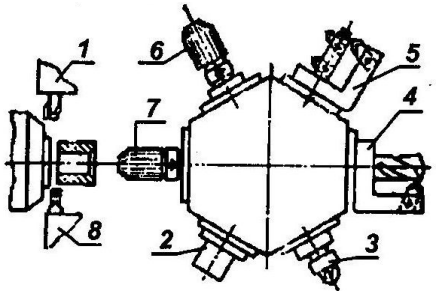


Рисунок 5.13 − Схема налагодження токарно–револьверного верстата для виготовлення гладкої втулки

На рис. 5.14 показане налагодження токарного одношпиндельного багаторізце–вого напівавтомата на виконання другої операції обробки втулки, виготовленої зі штучної заготовки (перша операція – обробка отвору). Обточування зовнішньої поверхні втулки і підрізання торців здійснюються з використанням повздовжнього і попереч-ного супортів. Заготовка закріплюється на циліндричній центровій оправці за допомогою пресової посадки.

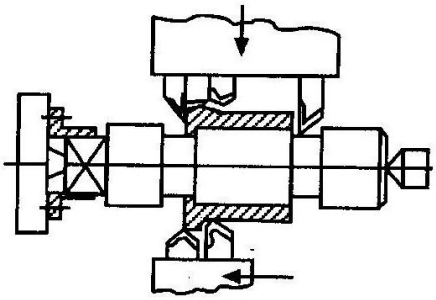


Рисунок 5.14 − Налагодження токарного багаторізцевого напівавтомата для обточування зовнішньої поверхні і підрізання торців

Деталі складної форми в масовому виробництві можуть оброблятися на багатошпиндельних вертикальних токарних напівавтоматах.

Подібного типу деталь і її обробка зображені на рис. 5.15, 5.16 і 5.17, а в таблиці 5.2 приведена схема технологічного процесу її обробки. Заготовкою служить виливка із сірого чавуна СЧ21–40. Перша операція виконується на вертикальному токарному восьмишпиндельному напівавтоматі. Застосовується двохциклова обробка, при якій заготовка, встановлена на I позиції, обробляється на позиціях III, V і VII, а заготовка, встановлена на II позиції (у перевернеому положенні), – на позиціях II, IV, VI і VIII.

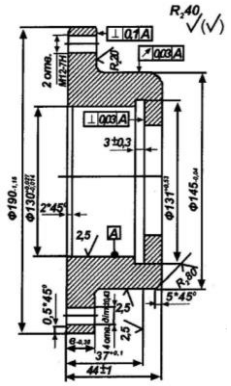


Рис. 5.15 − Стакан роликопідшипника

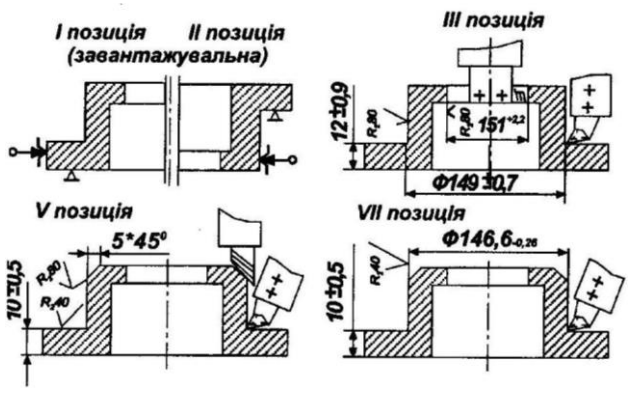


Рисунок 5.16 − Схема наладки токарного восьмишпиндельного напівавтомата для двохциклової обробки стакана роликопідшипника – обробка з установкою на I позиції

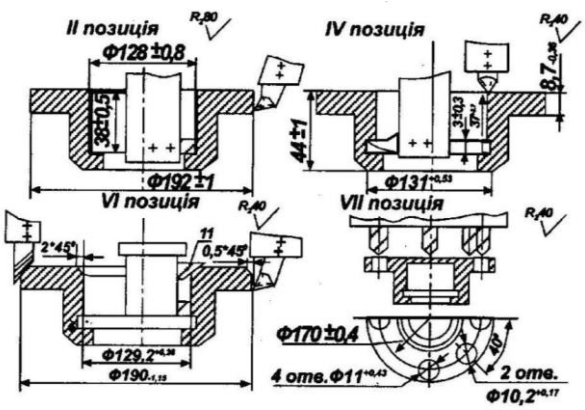
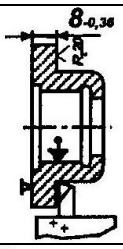
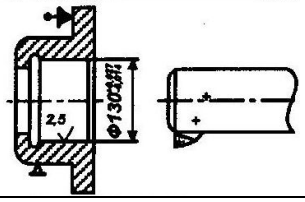
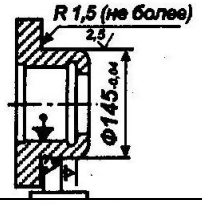
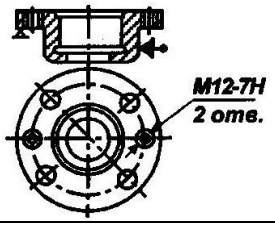


Рисунок 5.17 − Обробка стакана роликопідшипника зі встановленням на II позиції

Таблиця 5.2 −Схема технологічного процесу обробки стакана роликопідшипника

Номер операції	*Найменування операції і її зміст*	*Операційний ескіз*	*Верстат (тип, модель)*
1	Токарна. Обточування зовнішніх і розточування внутрішніх поверхонь, підрізання торців, свердління отворів.	Див. рис. 5.16 і 5.17	Восьми-шпиндельний токарний напів–автомат 1282
2	Токарна. Чистове підрізання торця фланця.		Токарно–гвинтонарізний 1К62
3	Розточна. Чистове розточування отвору.		Токарно–револьверний
4	Токарна. Чистове обточування зовнішньої циліндричної поверхні.		Токарно–гвинтонарізний 1К62
5	Різьбонарізна. Свердління і нарізання різьби в двох отворах.		Вертикально–свердлильний 2А135

5.4. Обробка плоских поверхонь

Плоскі поверхні деталей деталей автомобілів в основному обробляють струганням, фрезеруванням, протягуванням і шліфуванням.

Якість обробки деталей визначається такими параметрами:

– точністю відстаней між окремими поверхнями;

– непрямолінійністю поверхні в подовжньому і поперечному напрямах;

– непаралельністю і неперпендикулярністю окремих поверхонь між собою;

– розташуванням поверхні під необхідним кутом;

– необхідною шорсткістю поверхні;

– якістю поверхневого шару.

Вказані умови задають залежно від призначення деталі і даної поверхні й проставляють на кресленні.

Непрямолінійність, непаралельність, неперпендикулярність повинні призначатися по ГОСТ 10356–63 при особливих вимогах, витікаючих з умов роботи, виготовлення або вимірювання деталей. За відсутності вказівок про граничні відхилення ці відхилення обмежують полем допуску на розмір або регламентують в нормативних матеріалах на допуски. Шорсткість обробленої поверхні задають залежно від призначення цієї поверхні.

Стругання проводять на повздовжньо–стругальних і поперечно–стругальних верстатах (рис. 5.18). Ці верстати мають широке застосування в одиничному, дрібно- і середньосерійному виробництвах внаслідок універсальності, простоті, достатній точності і меншій вартості в порівнянні з фрезерними верстатами.

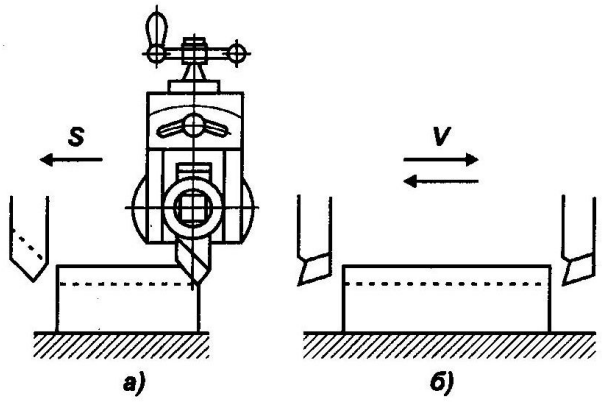


Рисунок 5.18 − Схеми обробки поверхонь струганням:
а) по ширині заготовки; *б*) по довжині заготовки

На довбальних верстатах, що відносяться до класу стругальних, довб'як із закріпленим в ньому різцем здійснює поворотний поступальний рух у вертикальній площині. Стіл верстата, на якому закріплюють заготовку, має рух подачі в горизонтальній площині в двох взаємно–перпендикулярних напрямах. Довбальні верстати застосовують в одиничному і дрібносерійному виробництві для отримання шпоночних канавок в отворах, а також для обробки наскрізних та ненаскрізних отворів, квадратних, прямокутних і інших форм. Для обробки ненаскрізних отворів довбання – основний метод, оскільки більш продуктивні протяжні верстати застосовувати не можна.

Стругання розділяють на чорнове і чистове. Чистове стругання проводять з малою подачею або різцями з широкою різальною кромкою при великій подачі. Швидкості різання при цих видах обробки невеликі (4–20 м/хв.). Точність роботи на стругальних і довбальних верстатах 0,1–0,2 мм на 1 м довжини, шорсткість поверхонь при чорновому струганні *Ra* = 6,3–25 мкм, при чистовому *Ra* = 0,8–6,3 мкм.

Плоскі поверхні фрезерують торцевими і циліндричними фрезами. Фрезерування торцевими фрезами більш продуктивне, ніж фрезерування циліндричними. Це пояснюється тим, що при торцевому фрезеруванні різання металу відбувається одночасно великим числом зубів, а при фрезеруванні циліндричними фрезами двома–трьома зубами. Крім того, можна використовувати торцеві фрези великих діаметрів (до 700 мм), з великим числом зубів або ножів з припаяними або непереточуваними пластинками. Торцеві фрези закріплюють в шпинделі верстата, забезпечуючи при цьому значну жорсткість. Точність фрезерування досягається по 8–11 квалітету, а шорсткість поверхні *Ra* = 0,4–0,8 мкм.

Фрезерування циліндричними фрезами проводять двома способами. Перший спосіб – фрезерування проти подачі, коли напрям подачі протилежно напряму обертання фрези; другий спосіб – фрезерування по подачі, коли напрям подачі співпадає з напрямом обертання фрези. При першому способі фрезерування (рис. 5.19,а) товщина стружки *a*, знімається кожним зубом фрези, збільшується. При цьому на початку різання відбувається невелике прослизання різальної кромки зуба по поверхні заготовки, що викликає наклеп обробленої поверхні. При другому способі фрезерування товщина стружки поступово зменшується (рис. 5.19,б). При цьому способі може бути досягнута велика продуктивність і менша шорсткість поверхні, ніж при першому, але зуб фрези захоплює метал відразу на повну глибину різання і таким чином працює з ударами. Тому другий спосіб фрезерування можна застосовувати тільки на верстатах великої жорсткості з пристроєм для усунення зазорів в механізмах подачі. Таким чином, перший спосіб фрезерування застосовують частіше, ніж другий.

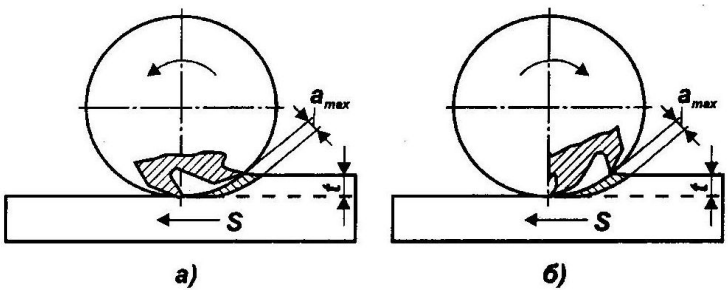


Рисунок 5.19 − Схеми фрезерування

Фрезерні верстати поділяються на такі види: горизонтально-фрезерні, вертикально-фрезерні, універсально-фрезерні, повздовжньо-фрезерні, карусельно-фрезерні, барабанно-фрезерні та спеціальні. Фрезерні верстати перших чотирьох видів є верстатами загального призначення, і їх застосовують у всіх видах виробництва; інші відносяться до високопродуктивних; їх застосовують в серійному, переважно великосерійному і масовому виробництві. На горизонтально–фрезерних і вертикально-фрезерних верстатах

обробку можна проводити при встановленні на столі верстату декількох заготовок рядами, обробляючи їх одночасно (паралельно) або послідовно (рис. 5.20). Одночасне фрезерування декількох заготовок можна проводити торцевою фрезою (рис. 5.20,а), якщо її діаметр більше загальної ширини поверхонь заготовок, встановлених на столі верстата або в пристосуванні.

Паралельну обробку декількох заготовок можна проводити набором дискових або циліндричних фрез (рис. 5.20,б). Послідовним фрезеруванням називають обробку ряду заготовок, встановлених одна за одною (рис. 5.20,в) по напряму подачі стола. Застосовують також паралельно–послідовне фрезерування (рис. 5.20,г). При цьому, як і у разі паралельного фрезерування, можна застосовувати поворотні пристосування, в яких установку і зняття групи заготовок проводять в процесі фрезерування заготовок іншої групи.

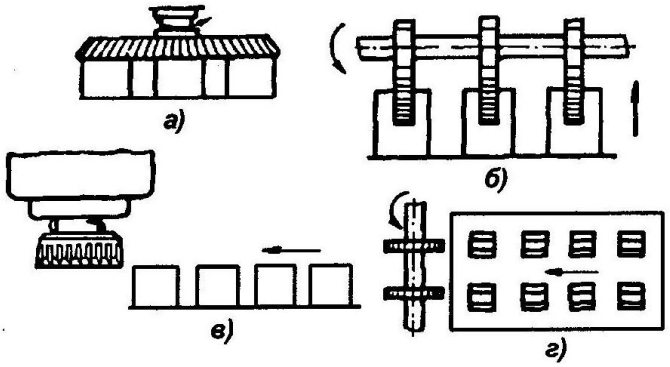


Рисунок 5.20 − Схеми фрезерування заготовок встановлених рядами

На рис. 5.21,а показана схема фрезерування по черзі двох заготовок торцевою фрезою методом маятникової подачі; при цьому допоміжний час затрачається тільки на пересування столу на відстань між заготовками. Установка і знімання заготовки проводиться протягом часу обробки іншої заготовки.

Універсально-фрезерні верстати, на відміну від горизонтально–фрезерних мають поворотний в горизонтальній площині стіл. Поворот столу необхідний тільки для фрезерування гвинтових поверхонь із застосуванням універсальної ділильної головки.

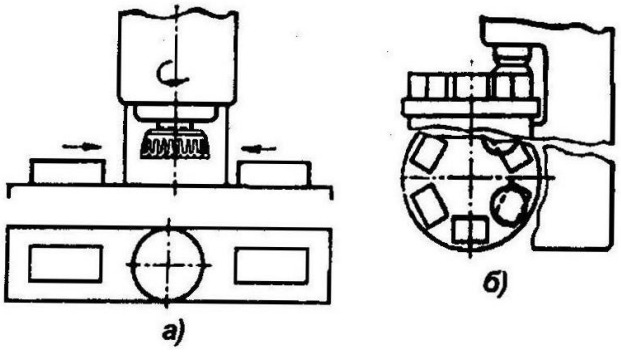


Рисунок 5.21 − Схеми фрезерування плоских поверхонь фрезами торців методами: *а*) маятникової подачі; *б*) безперервної подачі

Повздовжньо–фрезерні верстати бувають з горизонтальними і вертикальними шпінделями; з одним горизонтальним або з одним вертикальним; з двома горизонтальними; з двома горизонтальними і одним вертикальним; з двома горизонтальними і двома вертикальними. Такі верстати великих розмірів (з ходом столу 8 м і більш) застосовують для обробки крупних заготовок, причому обробку проводять одночасно з двох або трьох сторін.

На перерахованих верстатах можна застосовувати набори фрез, які дозволяють обробляти одночасно декілька поверхонь, що значно скорочує час обробки.

Карусельні фрезерні верстати (рис. 5.21,б) мають круглі обертові столи великого діаметру і один або два вертикально розміщених шпинделі. На цих верстатах обробляють плоскі поверхні торцевими фрезами. Встановлення заготовок для обробки і зняття їх після закінчення обробки проводять під час обертання столу; таким чином відбувається безперервна обробка заготовок. Якщо на верстаті два шпінделя, то на одному шпінделі фреза проводить чорнову обробку, на іншому – чистову.

Барабанні фрезерні верстати служать для обробки паралельних поверхонь заготовок одночасно з двох сторін. Заготовки, що підлягають обробці, встановлюють на барабан, який обертається всередині станини. На цих верстатах встановлення та зняття заготовок проводять на ходу верстата, що забезпечує безперервне фрезерування. Такі верстати відрізняються великою продуктивністю і застосовуються тільки у великосерійному та масовому виробництві.

Скорочення машинного часу досягається швидкісним фрезеруванням, що грунтується на використанні фрез з пластинками з твердих сплавів, які мають особливі геометричні параметри. При швидкісному фрезеруванні ведуть обробку з великими подачами.

На стругальних і фрезерних верстатах обробку проводять з допомогою пристосувань, які підрозділяють на універсальні і спеціальні. До універсальних пристосувань відносять різного виду лещата з ручним і пневматичним приводом, поворотні та кутові столи та інші. В дрібносерійному виробництві використовують універсальні збірні пристосування. В одиничному виробництві заготовки закріплюють за допомогою планок, прихватів, упорів, шпильок та ін.

При конструюванні фрезерних пристосувань потрібно враховувати деякі особливості процесу фрезерування: сили різання змінюються при вході і виході із заготовки кожного зуба фрези, такі зміни сил різання викликають вібрації заготовки і приспосіблення; зміна величини і напряму дії сил різання залежно від припуску; в порівнянні з іншими видами обробки сили різання при фрезеруванні великі; утворюється дрібна роздроблена стружка, що падає на пристосування. Перші три особливості вимагають підвищеної жорсткості приспосіблень щоб уникнути вібрацій. Затиски фрезерних приспосіблень повинні бути особливо надійні, не ослаблятися під дією поштовхів, вібрацій і зміни сил різання.

При протягуванні зовнішніх поверхонь, заздалегідь не оброблених, за один хід протяжки досягається висока точність і мала шорсткість поверхні. В процесі обробки кожний різальний зуб протяжки знімає шар металу, що є частиною припуску, а калібруючі зуби зачищають поверхню. При цьому вони довго не втрачають своєї різальної здатності і форми.

При обробці поверхонь поковок і відливок доцільно застосовувати не звичайні плоскі протяжки (рис. 5.22,а), а прогресивні (рис. 5.22,б і рис. 5.22,в). У звичайних плоских протяжок кожний зуб знімає стрижку по всій ширині оброблюваної поверхні; тому при обробці поверхні, що має шар (корку), перші

зуби протяжки швидко тупляться або викришуються. У прогресивних протяжок різальні зуби роблять змінної ширини, що збільшується поступово, і кожний різальний зуб зрізає метал не по всій ширині оброблюваної поверхні, а смугою, причому ширина цих смуг з кожним зубом зростає, і лише калібруючі зуби зачищають оброблювану поверхню по всій ширині.

Для обробки зовнішнім протягуванням широких поверхонь (більше 50 мм) встановлюють декілька протяжок поряд. Протягування зовні–ніх поверхонь проводять переважно на вертикальних протяжних верстатах. У масовому виробництві застосовують високопродуктивні протяжні верстати безперервної дії. Верстати мають ланцюг, який переміщає заготовки 1 (рис. 5.23), закріплені на ній; коли ланцюг 3 переміщає заготовки повз протяжки 2, відбувається обробка поверхонь заготовок.

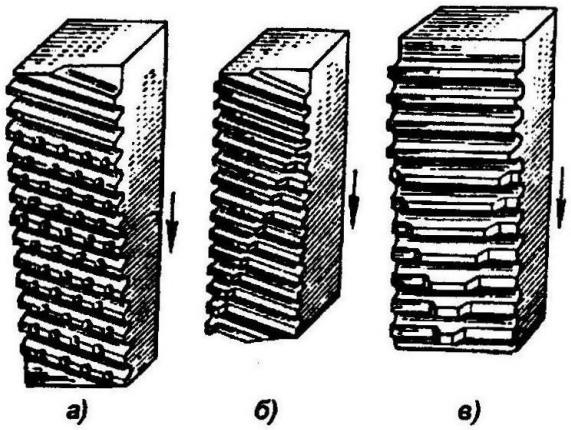


Рисунок 5.22 − Схеми плоских протяжок

На верстатах безперервної дії з круглим столом заготовки розташовані в пристосуваннях по колу. Заготовки переміщаються повз протяжки, які обробляють їх поверхні. Як правило, протяжні верстати безперервної дії – спеціальні, а недоліком їх є складність, а частіше неможливість переналагодження на обробку іншої заготовки.

Для чистової обробки плоскі поверхні шліфують. Обдирне шліфування повер–хонь може бути попередньою або остаточною операцією, якщо не потрібна велика точність і мала шорсткість поверхні. Припуск для обдир–ного шліфування повинен бути значно меншим ніж для фрезерування і стругання. При великих припусках обдирне шліфування неекономічне.

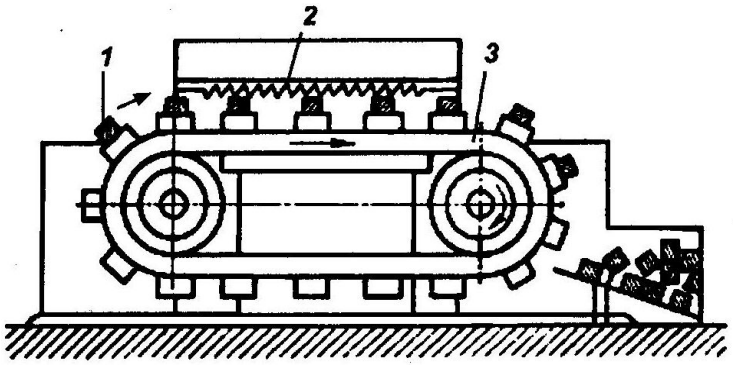


Рисунок 5.23 − Схема верстату для неперервного протягування

Обдирне шліфування поверхонь використовують у тому випадку, коли тверда кірка на поверхні заготовки або велика твердість матеріалу утрудняють фрезерування чи стругання. Його застосовують також при обробці плоских поверхонь нежорстких заготовок. Чорнове і чистове шліфування поверхонь проводять для отримання великої точності і малої шорсткості поверхні, коли цього не можна досягти фрезеруванням чи струганням.

Чистове шліфування поверхонь проводять частиною торця або периферією круга (рис. 5.24). При шліфуванні торцевою частиною круга

застосовують круги чашкової або тарілчастої форми. Шліфування торцем круга більш продуктивне, ніж шліфування периферією, оскільки, звичайно, діаметр круга більший, ніж ширина оброблюваної поверхні, внаслідок чого вона вся піддається обробці. Шліфування периферією круга проводять з поперечною подачею, і тому воно менш продуктивне, але при цьому досягається більш висока точність, ніж при шліфуванні торцем круга.

Верстати для обдирного шліфування бувають односторонні (для обробки з одного боку) з горизонтальним (рис. 5.24,а) або вертикальним розташуванням шпінделя (рис. 5.24,б); двосторонні (для обробки з двох сторін), двошпиндельні з горизонтальним розташуванням шпинделів (рис. 5.24,в). Верстати для чорнового і чистового шліфування виготовляють для роботи торцевою частиною круга з прямокутним і круглим столом; вони по конструкції аналогічні верстатам, зображених на рис. 5.24,в і рис. 5.24,г, для роботи периферією круга з прямокутним і круглим столом.

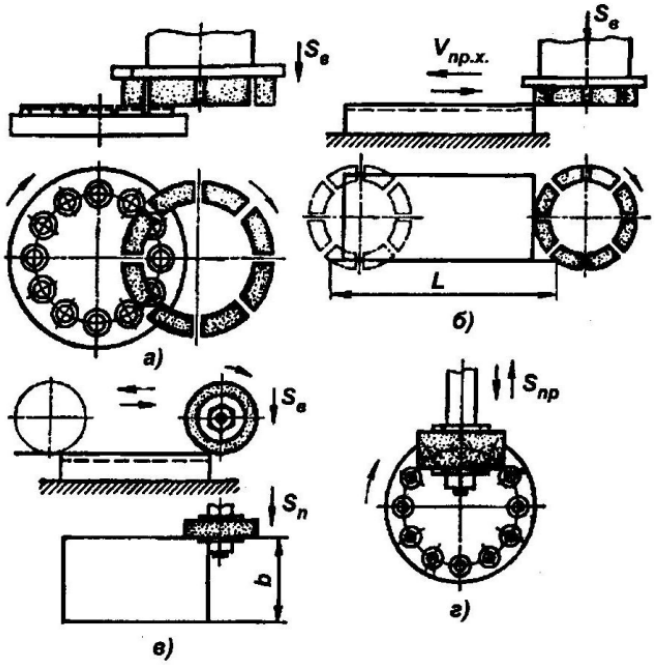


Рисунок 5.24 − Схеми шліфування поверхонь торцевим кругом: а) і б) відповідно на круглому та прямокутному столі циліндровим кругом; *в*) на круглому столі; *г*) на прямокутному столі

При плоскому обдирному шліфуванні сталевих заготовок застосовують круги з електрокорунду, а для відливань з чавуна, міді і алюмінію – круги з карбіду кремнію зернистістю 80–160 на керамічній або бакелітовій зв'язці. В порівнянні з керамічною бакелітова зв'язка володіє деякою змащувальною дією, забезпечуючи меншу шорсткість оброблюваної поверхні.

Для попереднього і остаточного шліфування сталевих заготовок застосовують переважно круги з електрокорунду, зернистістю 30–80 середньої твердості (С1–С2) і середньої м'якості (СМ1–СМ2). Для шліфування заготовок з чавуну – круги з карбіду кремнію, зернистістю 50–80 і твердістю С1–СМ2. Керамічну зв'язку використовують переважно в кругах при шліфуванні периферією, а бакелітову – в кругах при шліфуванні торцем. Швидкість шліфувальних кругів 30–40 м/с, при швидкісному шліфуванні – 50–60 м/с. Швидкість переміщення заготовки 10–50 м/хв. Глибина різання (0,005–0,03 мм) залежить від зернистості крута, необхідної шорсткості і точності. Подачу при шліфуванні периферією круга вибирають 0,2–0,6 ширини круга за хід столу. При плоскому шліфуванні периферією круга H_o = 0,4–0,8 мкм, при тонкому шліфуванні R_a = 0,05–0,1 мкм. При тонкому шліфуванні круг правлять алмазом, глибина шліфування 3–5 мкм, швидкість заготовки (столу) 2–4 м/хв.

Останнім часом отримало розвиток шліфування з великим зніманням металу (600 $см^3$/хв. при обробці сталевих заготовок і 750 $см^3$/хв. при обробці чавунних заготовок). Таке шліфування (силове) у багатьох випадках заміняє стругання, фрезерування, точіння, особливо при обробці поверхонь, що мають окалину, нерівності, значну твердість і ін. Силове шліфування здійснюють двома способами: 1) з великою глибиною різання (6 мм) і малою швидкістю подачі заготовки (1–2 м/хв.); 2) з невеликою глибиною різання і високою швидкістю подачі заготовки. Силове шліфування здійснюють на плоско– і круглошліфувальних верстатах. Для силового шліфування виготовляють круги підвищеної міцності, допускаючі окружні швидкості 70 м/с, що збільшують знімання металу в 2–3 рази в порівнянні зі звичайними методами шліфування.

Переваги силового шліфування: інтенсивне знімання металу, зниження витрат енергії на кубічний сантиметр, скорочення часу і витрат на обробку, підвищення розмірної точності, скорочення часу на зміну і правку кругів. Необхідна шорсткість поверхні, одержувана при обробці струганням або фре–зеруванням за два робочих ходи, досягається силовим шліфуванням за один хід.

Шліфувальні круги для силового шліфування виготовляють на керамічній або бакелітовій зв'язках, грубозернистими і високопористими. При плоскому шліфуванні торцем круга використовують переважно сегментні круги. Змащувально–охолоджуючі рідини (ЗОР) зменшують нагрів і тертя між кругом і заготовкою. Застосовують наступні ЗОР: 1) емульсії прості і з добавками жирів для шліфування з високим тиском (20 $кгс/см^2$); 2) шліфувальні масла; 3) хімічні рідини з добавками антикорозійних і поверхневих активних речовин. Кількість використання ЗОР до 60 л/хв. Але при попередній обробці заготовок з незагартованих сталей точіння і фрезерування у багатьох випадках виявляється більш продуктивним, ніж силове шліфування. При однаковому хвилинному зніманні металу при силовому шліфуванні верстат повинен мати потужність в 3–4 раз більшу, ніж потужність фрезерного верстата.

Основний спосіб закріплення оброблюваних заготовок на плоскошліфувальних верстатах – за допомогою магнітного столу або магнітної плити. Заготовки, які не мають достатньо великої обробленої установочної поверхні, а також заготовки з немагнітних матеріалів закріплюють за допомогою універсальних і спеціальних пристосувань.

Кінцева обробка плоских поверхонь здійснюють також притиранням, поліруванням. Притирання здійснюють на тих же верстатах, що і для притирання зовнішніх циліндрових поверхонь. Оброблювані заготовки вільно лежать в гніздах обойми (сепаратора). Притирання забезпечує найвищу точність і шорсткість поверхні R_a = 0,008 мкм.

Полірування, вживане тільки для зменшення шорсткості поверхні, здійснюється полірувальними кругами, а також за допомогою верстатів, що мають нескінченну стрічку, на яку наносять абразивну пасту.

Контроль плоских поверхонь здійснюють лінійками, рівнями, перевірочними плитами і різними спеціальними пристроями. Наприклад, для перевірки прямолінійності поверхні на просвіт застосовують лекальні лінійки нульового та першого класу.

5.5. Обробка зубчастих поверхонь

Нарізання зубів дисковими модульними фрезами. Зубчасті колеса бувають циліндричні, конічні та черв'ячні. Циліндричні зубчасті колеса виконують одно- і багатовінцевими (блоковими). По конфігурації зубчасті колеса роблять у виді дисків із гладкими або шліцевими отворами, а також у вигляді фланців і валиків (із хвостовиками). В циліндричних коліс зуби виробляються прямими, спіральними та шевронними; у конічних – прямими, косими і криволінійними. Зуби циліндричних зубчастих коліс нарізають за допомогою черв'ячних фрез (зубофрезерування), довб'яків у виді шестерень (дискових) і довб'яків у виді гребінок (зубодовбання).

Нарізання циліндричних прямозубих і косозубих коліс можна виконувати на горизонтальних і універсальних фрезерних верстатах за допомогою ділильної головки модульними дисковими фрезами. Цей метод полягає в послідовному фрезеруванні западин між зубами фасонної дискової модульної фрезою. Такі фрези виготовляють наборами, що складаються з вісьми або 15 фрез для кожного модуля. Звичайно застосовують набір з вісьми фрез, обробка якими дозволяє отримати колеса 16 квалітету. Для виготовлення коліс з модулем понад 8 мм потрібно набір, що складається з 15 фрез. Таке число фрез у кожному наборі необхідне, тому що для різного числа зубів коліс евольвентні профілі зубів будуть різні. Кожна фреза набору призначена для обробки визначеного інтервалу чисел зубів.

Колеса нарізають по одному (рис. 5.25) або декілька на оправці, що збільшує продуктивність внаслідок скорочення часу на врізання і вихід фрези, а також допоміжного часу.

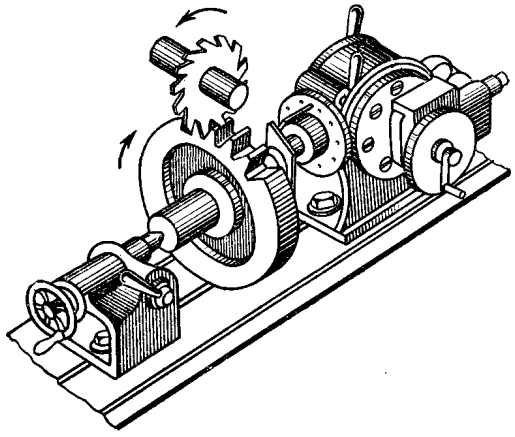


Рисунок 5.25 − Схема нарізання зубчастих коліс дисковими фрезами

Якщо на шпиндельній оправці розташувати дві або три фрези (рис. 5.26,а), кожна з яких буде прорізати западини зубів у заготовках своєї групи, то продуктивність буде ще вище. У цьому випадку необхідна багатошпиндельна ділильна головка (рис. 5.26,б).

Основний час нарізання прямозубих циліндричних зубчастих коліс модульною дисковою фрезою:

$$T_0 = \left(l_0 + l_{вр} + l_n\right) \cdot \left(\frac{1}{s_{рх}} + \frac{1}{s_{обх}}\right) \cdot \frac{zi}{m} + \frac{\tau z i}{m}, \text{ (мм)}$$

де l_o – довжина нарізуваного зуба, мм; $l_{вр}$ – довжина врізання инструменту, мм; l_n – довжина перебігу інструмента, мм; z –.число зубів нарізуючого колеса; $S_{рх}$ – подача при робочому ході, мм/хв; $S_{обх}$ – швидкість зворотного ходу, мм/хв;

i – число ходів; m – число одночасно нарізуючих коліс; τ – час повороту заготовки на зуб, хв.

Величина врізання:

$$l_{вр} = \sqrt{h \cdot (D_ф - h)} + (1 \div 2) \text{ (мм)},$$

де h – висота зуба, мм; $D_ф$ – діаметр фрези, мм.

При нарізанні зубів на горизонтально або універсально-фрезерному верстаті час на відвід столу у вихідне положення і час на поворот заготовки за допомогою ділильної головки перед нарізанням кожного зуба відноситься до допоміжного.

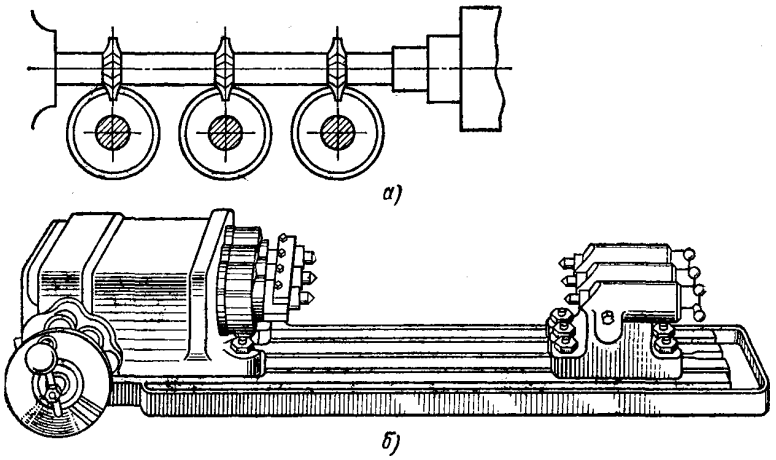


Рисунок 5.26 − Схеми нарізання зубів трьома модульними фрезами одночасно із застосуван–ням трьохшпиндельної ділильної головки

Дисковими модульними фрезами можна також обробляти циліндричні косозубі колеса на універсально–фрезерних верстатах, повертаючи стіл на кут нахилу зуба.

Зуби циліндричних коліс середніх модулів 16–17 квалітетів можна досить продуктивно нарізати одночасно двома дисковими модульними фрезами (рис. 5.27). Чорнове нарізання таких же зубчастих коліс середніх і великих модулів можна здійснювати трьома дисковими «кутовими» фрезами (рис. 5.28).

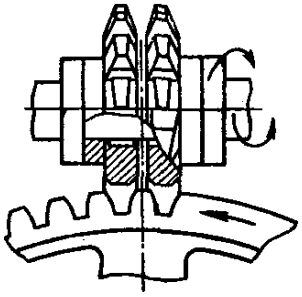


Рисунок 5.27 − Схема нарізання зубів двома дисковими модульними фрезами

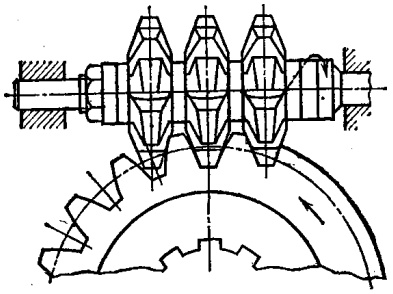


Рисунок 5.28 − Схема нарізання зубів трьома дисковими «кутовими» фрезами

Нарізання зубів пальцевими модульними фрезами. Пальцевими модульними фрезами нарізають зуби середніх і крупномодульних циліндричних (рис. 5.29,а), конічних (рис. 5.29,б), шевронних (рис. 5.29,в) коліс, рейок та інші.

Нарізання зубів коліс дисковими модульними фрезами, а також пальцевими фрезами здійснюють в одиничному і дрібносерійному виробництві при відсутності спеціальних зубчастих верстатів.

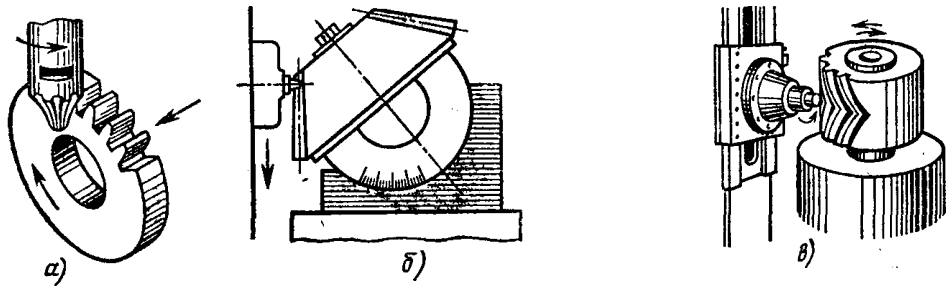


Рисунок 5.29 − Схеми нарізання пальцевими фрезами зубів коліс:
а) циліндричного; *б*) конічного; *в*) шевронного

Нарізання зубів черв'ячними фрезами (зубофрезерування). Для нарізання зубів коліс черв'ячними фрезами вимагаються спеціальні зубофрезерні верстати (5М32, 5М324, 5ДО342 та інш.). Цей метод забезпечує високу продуктивність праці внаслідок автоматичного циклу роботи верстата і можливості багатоверстатного обслуговування, одержувана точність 15 квалітет, а при використанні шліфованих фрез і точних верстатів – 14 квалітет. Цей метод має найбільше поширення.

Відповідно до ГОСТ 9324–60 стандартизовані черв'ячні фрези випускають суцільними з модулем до 14 мм, і збірними – від 10 до 20 мм. Від модуля встановлюють число ходів фрези. Колеса з модулем 2,5 мм нарізають начисто за один хід; колеса з модулем більш 2,5 мм нарізають начорно і начисто в два і навіть три ходи. Для чорнових ходів краще застосовувати двох– і трехзахідні черв'ячні фрези, що збільшують продуктивність, хоча і забезпечують меншу точність обробки в порівнянні з однозахідними внаслідок збільшеного кута підйому витка.

Основний час нарізання прямозубих циліндричних зубчастих коліс черв'ячною фрезою:

$$T_0 = \frac{(l_0 m + l_{вр} + l_n)}{snqm} \cdot zi \text{ , (хв.)}$$

де s – подача на один оберт зубчастого колеса, мм; n – частота обертання фрези, про/хв.; q – число заходів фрези (для чистових проходів q=1, для чорнових q=2); довжина врізання: $l_{вр} = (1{,}1 \div 1{,}2)\sqrt{h \cdot (D_ф - h)}$, мм; довжина перебігу: l_n = 2–3, мм.

Довжина врізання черв'ячних фрез значна, що викликає витрату часу при роботі верстату. Скоротити цей час на 20–30% можна заміною осьового врізання радіальним (рис. 5.30).

Для підвищення точності і зменшення шорсткості поверхні профілю зубів, а також збільшення стійкості черв'ячної фрези в процесі різання рекомендується здійснювати перімещеня черв'ячної фрези вздовж її осі.

Сучасні верстати мають спеціальний пристрій для осьового переміщення фрези.

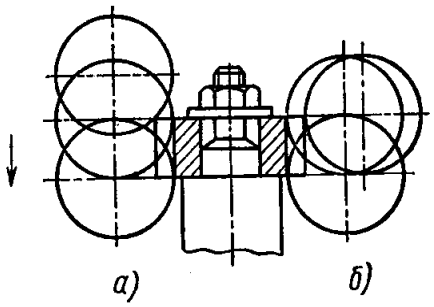


Рисунок 5.30 − Схеми врізання черв'ячної фрези:
а) осьового; *б*) радіального

Це переміщення може здійснюватися після нарізання визначеного числа коліс, після кожного циклу зубофрезерування під час зміни заготовок і безперервно при роботі фрези.

Застосування черв'ячних фрез із твердих сплавів дозволяє робити обробку зі швидкостями 150–200 м/хв і подачами 3–4 мм на оберт заготовки, що в порівнянні з фрезами із швидкорізальної сталі збільшує продуктивність у 10–15 разів. Відносна продуктивність різних методів зубо-фрезерування в порівнянні з зубофрезеруванням однозаходними черв'ячними фрезами зі швидкорізальної сталі характеризується наступними даними:

Метод фрезерування зубів	*Збільшення виробництва (раз)*
Однозахідною черв'ячною фрезою:	
– зі швидкорізальної сталі (стандартної конструкції)	1
– з радіальним врізанням	1,2 – 1,3
Чорнове, дисковими модульними фрезами набором у дві–три фрези:	
– зі швидкорізальної сталі для великих модулів	1,2 – 1,5
– з твердих сплавів	2 і більше
Чорнове, однозахідною фрезою з твердого сплаву з великими подачами	3–4
Двох– і трьохзахідними черв'ячними фрезами зі швидкорізальної сталі	1,5–1,8
Швидкісне, однозахідною фрезою з твердого сплаву з великими швидкостями і великими подачами	10–15

У процесі експлуатації черв'ячних фрез необхідно проводити огляди їхніх зубів, перевіряти надійність кріплення та ін. Процес швидкісного зубофрезерування ведеться з утворенням великої кількості нагрітої стружки, що відлітає на значну відстань від робочої зони. У цих умовах крім звичайних правил по техніці безпеки варто заздалегідь здійснювати ряд додаткових заходів, що гарантують безпеку роботи верстатників. Не допускається установка на верстат несправної фрези, особливо з ненадійно закріпленими, викришеними, зазубриними або зубами, що мають тріщини. Необхідно забезпечити твердість закріплення фрези на шпинделі, міцне і надійне закріплення заготовки в пристосуванні. До початку обробки варто переконатися в справності пристроїв, що виключають самовільний відтиск заготовки у випадку зменшення тиску повітря або перерви в подачі електроенергії. При зубофрезеруванні фрезами з твердих сплавів необхідно застосовувати тільки режими різання, зазначені в операційній карті. Підводити фрезу до заготовки потрібно поступово, без удару. При виникненні вібрацій необхідно зупинити верстат, перевірити справність гідросистеми верстата, кріпильних пристосувань, роботу системи подачі, кріплення оправлення фрези та ін.

Зупиняючи верстат, спочатку треба виключити подачу, потім обертання шпинделя. При викришуванні твердосплавних зубів або при їхньому затупленні фрезу необхідно замінити, а спрацьовану фрезу здати на переточування чи переробку.

Замість черв'ячних зубонарізних затиловочних фрез застосовують черв'ячні гострозаточні фрези, що відрізняються від затиловочних наступними особливостями:

1. Заточення фрези проводиться не по передніх, а по задніх поверхнях.

2. Задні кути встановлюють не з конструктивних розумінь, а з умов різання: в гострозаточних фрез кути 8°–15° замість кутів 3°–4° в затиловочних, що в кілька раз підвищує стійкість і можливість числа переточувань. Збільшення числа переточувань гострозаточних фрез пояснюється тим, що обсяг металу, який знімається за одне переточування з одного зуба гострозаточної фрези, менший, ніж обсяг металу, що знімається з одного зуба затиловочної фрези. Причому зі збільшенням модуля питоме зняття металу на одне переточування зменшується.

3. Знижується трудомісткість заточення гострозаточних фрез.

При нарізуванні черв'ячних зубчастих коліс на зубофрезерних верстатах 5ДО32, 5330, 5342, 5353 та інших вісь фрези перпендикулярна осі оброблюваного колеса і знаходиться точно по центрі його ширини. Нарізання черв'ячних коліс може здійснюватися способами радіальної або тангенціальної подачі; крім того, черв'ячні зубчасті колеса можуть бути нарізані різцями, закріпленими в оправці.

Нарізання черв'ячних коліс способом радіальної подачі (рис. 5.31,а) має більше поширення, ніж інші способи. При цьому способі супорт із фрезою нерухомі, стіл із закріпленим на ньому нарізуючим колесом подається в радіальному напрямку. У великих зубофрезерних верстатах радіальна подача здійснюється стійкою, що несе супорт із фрезою.

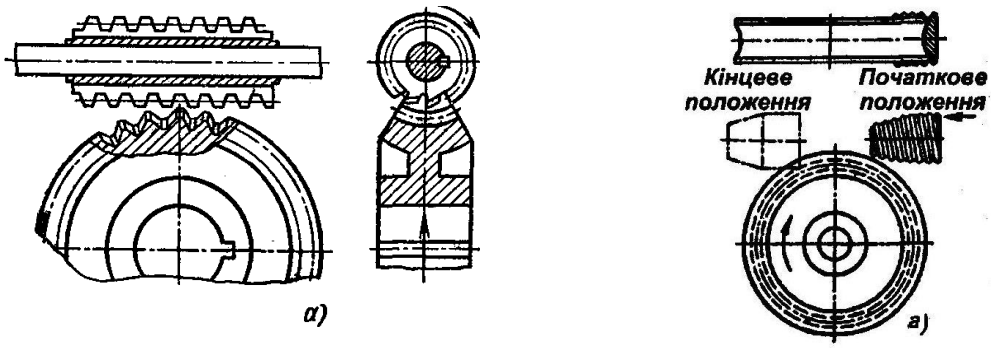


Рисунок 5.31 − Схеми зубонарізання черв'ячних зубчастих коліс черв'ячними фрезами

Спосіб радіальної подачі використовують головним чином для нарізання однозахідних і рідше – двохзахідних черв'ячних коліс.

Основний час нарізання способом радіальної подачі:

$$T_0 = \frac{(h + l_{вр}) \cdot z}{s_p n q}, \text{ (хв.)}$$

де S_p – радіальна подача на один оберт заготовки, мм; n – частота обертання фрези, про/хв.; q – число заходів фрези.

До розрахованого часу додають час на роботу фрези при включеній радіальній подачі за один–два оберти нарізаючого черв'ячного зубчастого колеса для отримання всіх зубів одинакової висоти.

Спосіб тангенціальної подачі застосовують при нарізуванні червячних коліс до багатозахідних черв'яків. Для цього способу необхідний спеціальний супорт, що дозволяє здійснювати тангенціальну подачу фрези (рис. 5.31,б). Нарізання колеса закінчується, коли всі зуби фрези перейдуть за вісь колеса на величину l_n. При нарізанні способом тангенціальної подачі утворюється більш правильний профіль зубів. Основний час нарізання способом тангенціальної подачі:

$$T_0 = \frac{(l_0 + l_{вр} + l_n)}{s_T n} = \frac{2{,}94 m\sqrt{z}}{s_T s_ф q}, \text{ (хв.)}$$

де $l_0 m + l_{вр} + l_n = 2{,}94 m\sqrt{z}$ – величина переміщення фрези, мм; S_m – тангенціальна подача фрези за один оберт заготовки, мм; $S_ф$ – тангенціальна подача фрези за один оберт; $n_ф$ – частота обертання фрези, про/хв.; n – частота обертання заготовки, про/хв.; q – число заходів фрези.

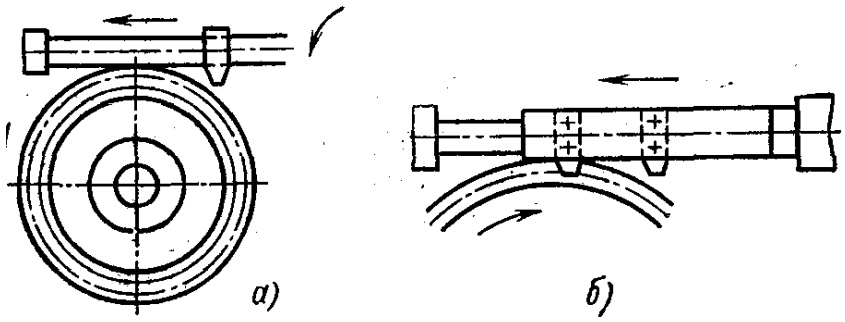


Рисунок 5.32 − Схеми зубонарізання черв'ячних зубчастих коліс різцями

Нарізання черв'ячних коліс різцем (рис. 5.32,а) застосовують при одиничному виробництві, коли виготовлення спеціальних черв'ячних фрез економічно не виправдано. Нарізання проводиться одним або послідовно двома різцями – чорновим і чистовим. Різці закріплюють в оправці у виді однозубої фрези. Чистовий різець виготовляють точно по профілю, а чорновий – вже чистового, завдяки чому залишається припуск 0,5 мм на сторону зуба. Якщо нарізання роблять двома різцями, то чорновим різцем працюють з радіальною подачею, а чистовим – тільки з тангенціальною. Різці – чорновий і чистовий – можна змінювати в оправці (рис. 5.32,б).

Обробка черв'яків. Розповсюдженими черв'яками є: архімедові, евольвентні, конвалютні та глобоїдні. Архімедові черв'яки найчастіше нарізають на токарних верстатах. При цьому прямолінійні різальні кромки різців, що ріжуть, розташовують в осьовому перерізі (рис. 5.33,а) як при нарізанні трапецеїдальної різьби. Гвинтова поверхня такого черв'яка називається архімедовою, тому що з торцевої поверхні його вона утворює архімедову спіраль. Такі черв'яки представляють звичайний гвинт із трапецеїдальною різьбою. Архімедовий черв'як в осьовому перерізі має прямобічний профіль з кутом, рівним профільному куту різця. При крупносерійному виробництві архімедові черв'яки фрезерують дисковими фрезами (рис. 5.34,а) із криволінійними кромками, що ріжуть. Шліфування таких черв'яків здійснюють дисковим конусним або тарілчастим кругом (рис. 5.35) із припуском 0,1–0,2 мм на сторону в залежності від модуля черв'яка. Шліфування черв'яків з малим модулем виготовляють на різьбошліфувальному верстаті або на токарному, але зі спеціальним пристроєм, показаним на рис. 5.36. З таким пристроєм можна шліфувати черв'яки із великим модулем.

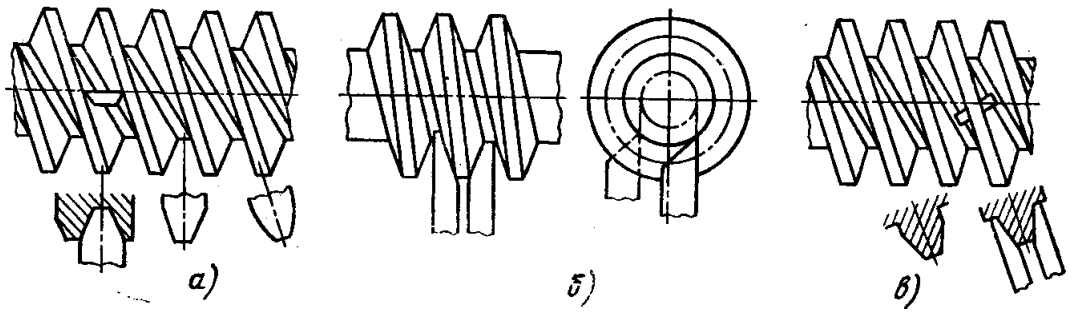


Рисунок 5.33 − Схеми нарізання різцями черв'яків:
а) Архімедова; *б*) евольвентного; *в*) конволютного

Архімедовий черв'як в осьовому перерізі має прямобічний профіль з кутом, рівним профільному куту різця. При крупносерійному виробництві архімедові черв'яки фрезерують дисковими фрезами (рис. 5.34,а) із криволінійними кромками, що ріжуть. Шліфування таких черв'яків здійснюють дисковим конусним або тарілчастим кругом (рис. 5.35) із припуском 0,1–0,2 мм на сторону в залежності від модуля черв'яка. Шліфування черв'яків з малим модулем виготовляють на різьбошліфувальному верстаті або на токарному, але зі спеціальним пристроєм, показаним на рис. 5.36. З таким пристроєм можна шліфувати черв'яки із великим модулем.

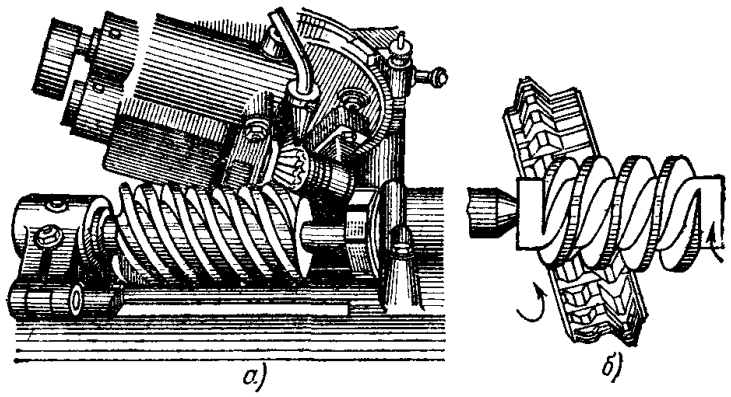


Рисунок 5.34 − Схеми фрезерування черв’яка:
а) дисковою фрезою; *б*) фрезою–равликом

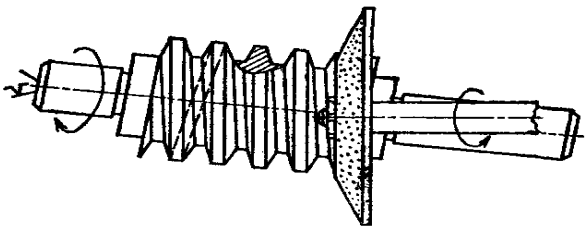


Рисунок 5.35 − Схема шліфування черв’яка

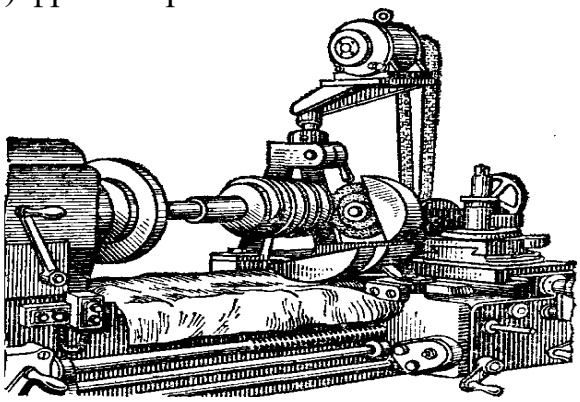


Рисунок 5.36 − Схема шліфування черв’яка на токарному верстаті

У крупносерійному і масовому виробництві профіль витків черв’яка з великим модулем шліфують на спеціальному черв’ячношліфовальному верстаті конічним дисковим колом великого діаметра (800 мм і більше). Таким колом можна обробити черв’яки різного профілю шляхом переміщення кола в горизонтальній площині. Шліфування роблять при трьох рухах: обертанні круга, повільному обертанні черв’яка і поступальному переміщенні круга на один крок (хід для багатозахідних черв’яків) за один оберт заготовки.

Для обробки витків черв’яків відповідальних передач застосовують притирання їх чавунними або фібровими притирками у формі черв’ячного колеса. В якості абразивного інструменту використовують мікропорошки з маслом і пасти ГОІ.

Евольвентні черв'яки нарізують на токарних верстатах з роздільною оброблення кожної сторони витка при зсуві прямолінійних різальних кромок різців на величину радіуса основного циліндра гвинтової евольвентної поверхні. Якщо черв'як правий, то ліву сторону бічної поверхні витків нарізають різцем, піднятим щодо осьової лінії, а правим-відпущеним різцем. При лівому черв’яку обидва різці відповідно змінюють місцями. Евольвентні черв'яки рідко нарізають зазначеним способом через несприятливі умови різання різцями, піднятими або опущеними щодо осьової лінії. Такі черв'яки фрезерують фасонними дисковими фрезами–равликами й іноді пальцевими фрезами, а шліфують їх плоскою стороною тарілчастого шліфувального кола.

Евольвентний черв'як можна розглядати як цилиндричне зубчасте колесо з малим числом спіральних зубів, що мають великий кут нахилу.

В крупносерійному і масовому виробництві архімедові та евольвентні черв’яки нарізають обкатними дисковими різцями, подібними зуборізним довб’якам (рис. 5.37) на спеціальних верстатах. Подача здійснюється інструментом в осьовому напрямку заготівлі черв’яка при обертанні його і різця. Черв’як із прямосторонім профілем у нормальному січенні витка називають конволютним. Його нарізають різцями, розташованими перпендикулярно до бічних поверхонь витка.

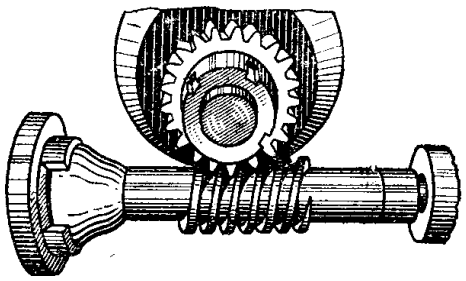


Рисунок 5.37 – Схема зуботочіння

Контроль черв’яків. Розміри черв’яків перевіряють за допомогою граничних скоб, мікрометрів та ін. Найбільш складними операціями контролю чев’яків є перевірка середнього діаметру витків, паралельності їх вісі вісі опорних шийок, кута профіля витків і рівномірності кроку. Середній діаметр черв’яка провіряють індикаторною скобою (рис. 5.38,а), в якої два нерухомих зуби 2 входять в западини черв’яка, а верхній рухомий зуб 1, що знаходиться також в западині, зв’язаний з індикатором. Кут профілю витків провіряють за допомогою кутових шаблонів з базою від зовнішнього діаметра. Для більш точних черв’яків кут профілю контролюють на спеціальному приборі (рис. 5.38,б). Осьовий крок черв’яка перевіряють на приборі з індикатором (рис. 5.38,в). Схема перевірки паралельності їхньої вісі до осей опорних шийок приведена на рис. 5.38,г.

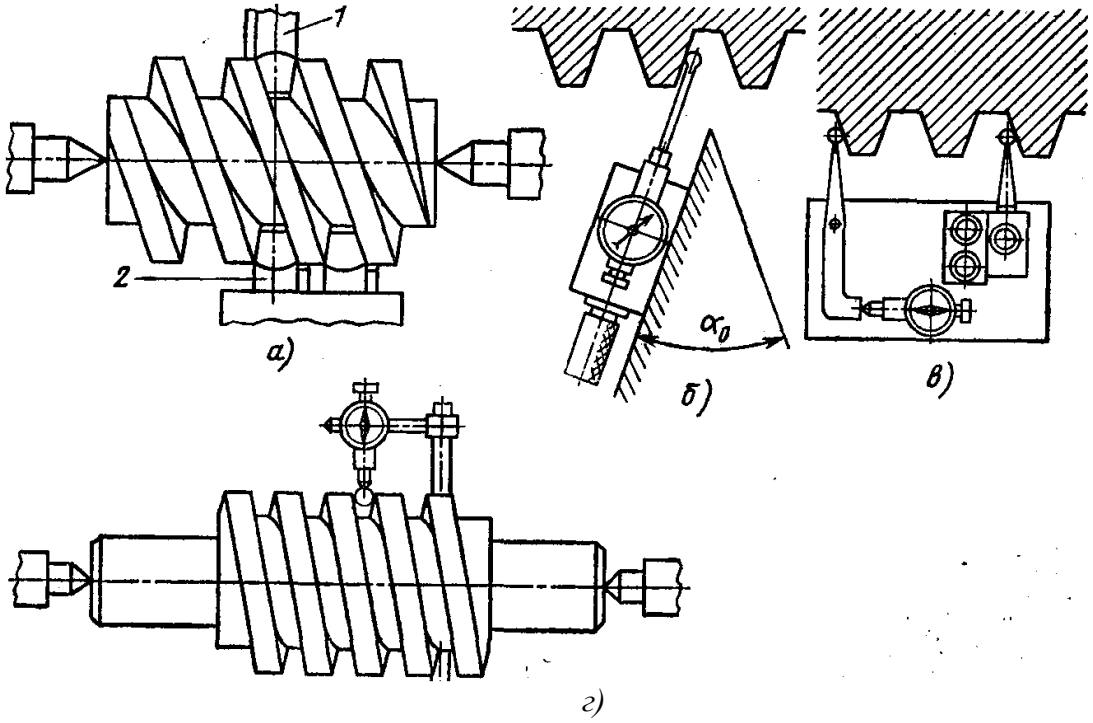


Рисунок 5.38 – Схема контролю черв’яків

Нарізання зубів довб'яками. Зуби циліндричних прямозубих і косозубих коліс нарізають довб'яками у вигляді коліс і рейок на зубодовбальних верстатах, що працюють за принципом обкатування. Довб'як має форму нарізуваного колеса. Довб'яки діаметром 100 і 75 мм застосовують для зовнішнього і внутрішнього довбання, довб'яки діаметром 50 і 25 мм для внутрішнього довбання, тобто для нарізання зубів коліс із внутрішнім зачепленням.

Для нарізання косозубих коліс необхідний довб'як зі спіральним зубом і з тим же кутом підйому спіралі, що і нарізуюче колесо; він одержує додаткове обертання від спеціального копіру, поміщеного у верхній частині шпинделя довб'яка. Обробку проводять за один хід – для коліс з модулем 1–2 мм, за два ходи – для коліс з модулем 2–4 мм і за три ходи – при модулях понад 4 мм.

Колеса, конструкція яких допускає вільний вихід інструменту при модулях понад 3,5 мм доцільно піддавати попередній обробці на зубофрезерних верстатах, а чистову – на зубодовбальних, тому що при великих модулях зубофрезерування більш продуктивне, ніж зубодовбання. При нарізуванні зубів блокових коліс, у яких не має виходу для фрези, а також коліс внутрішнього зачеплення, зубодовбання є основним методом обробки. Зубодовбальні верстати марок 5122, 5123, 5130 та інші забезпечують поверхню зубів 14–15 квалітетів.

Основний час для нарізання зубів зубчастих коліс на зубодовбальних верстатах дисковими довб'яками:

$$T_0 = \frac{h}{s_p n} + \frac{\pi m z}{s_k n} \cdot i \text{, (хв.)}$$

де h – висота зуба, мм; S_p – радіальна подача на один подвійний хід довб'яка, мм; n – число подвійних ходів довб'яка в хвилину; S_k – кругова подача зубчастого колеса на один подвійний хід довб'яка, мм; m – модуль, мм; z – число зубів; i – число ходів.

На спеціальних зубодовбальних верстатах двома спіральними долбяками нарізають зуби шевронних коліс (рис. 5.39).

Продуктивність зубодовбакння значно підвищується при сполученні чорнового нарізання зубів коліс з одночасним застосуванням двох або трьох довб'яків, встановлених на столі зубодовбального верстата. Відстань «а» між торцевими поверхнями довб'яків повинна бути на 1–3 мм більше ширини вінця. Верхній довб'як служить для кінцевого профілювання зубів коліс;

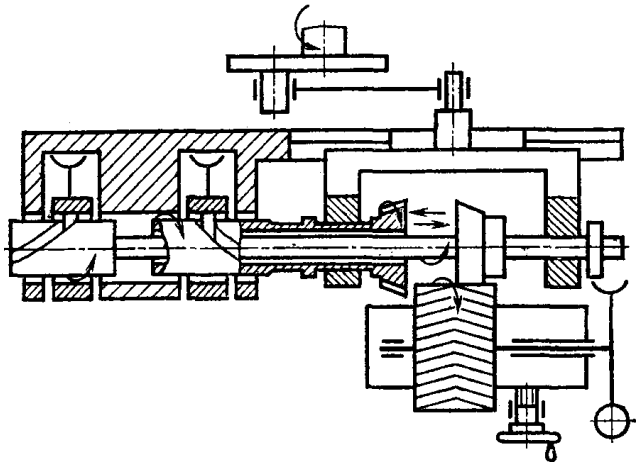


Рисунок 5.39 − Схема довбання зубів шевронного колеса

нижній довб'як перешліфовують так, щоб ширина і висота зубів його була менше ширини і висоти зубів верхнього довб'яка. Блокові зубчасті колеса доцільно обробляти на комбінованих верстатах. Черв'ячною фрезою нарізають зуби більшого вінця, а довб'яком – меншого, що дозволяє скоротити займану верстатом виробничу площу й обслуговуючий персонал, а також підвищити продуктивність праці й устаткування.

Зубодовбання довб'яком–гребінкою застосовується рідко. Цей метод у порівнянні з обробкою довб'яком має таку перевагу, що при нарізуванні косозубих коліс супорт із гребінкою повертається на кут нахилу зуба, а тому не потрібно спеціального довб'яка. Крім того, для крупномодульних коліс (m понад 10 мм) гребінка дешевше довб'яка.

Довбання зубів методом копіювання за допомогою багаторізцевої головки (рис. 5.40,а) полягає в тому, що всі зуби виготовлюваного колеса обробляють одночасно спеціальною багаторізцевою головкою з набором профільних різців, число яких дорівнює числу зубів оброблюваного колеса (рис. 5.40,б) .Різці розташовані в точних радіальних пазах головки. Заготовка має зворотньо-поступальний рух – нагору і вниз. Коли заготовка входить у середину нерухомої різцевої головки, усі різці одночасно роблять нарізання зубів. Перед початком робочого ходу всі різці одночасно переміщаються в радіальному напрямку, тобто здійснюється подача до центра колеса. Коли заготовка виходить з різцевої головки, різці відсуваються в радіальному напрямку для зменшення тертя задніх поверхонь різців до оброблюваної поверхні зубів. Цей метод забезпечує найбільшу продуктивність у порівнянні з іншими методами й економічний тільки при великій програмі випуску однакових коліс, тому що для нарізання коліс з визначеним числом зубів і модулів на верстатах 5110, 5120 і 5130 повинна бути виготовлена спеціальна багаторізцева головка. Основний час операції:

$$T_0 = ((1.1 \div 1.2) \cdot h) / s_{рад} \cdot n \text{, (хв.)}$$

де h – глибина западини між зубами, мм; $S_{рад}$ – радіаль наподача різців за один подвійний хід заготовки, мм; $n = (1000 \cdot v_p)/(l_0 + l_n)$ – число подвійних ходів заготовки в хвилину, $v_p = 10 \div 15$ м/хв.; l_0 – довжина нарізуваного зуба, мм; $l_n = 2 \div 5$ мм –довжина перебігу.

В одиничному та дрібно–серійному виробництві зуби неточних зубчастих коліс можна обробити на довбальному або стругальному верстатах фасонним різцем, профіль якого повинен відповідати западині зуба колеса. Різець робить зворотньо–поступове переміщення, а заготовка за кожний подвійний хід різця отримує періодичне радіальне переміщення (рух подачі). Нарізання впадини зуба буде закінчено, коли різець цілком утворить її, після цього заготовка повертається у вихідне положення. За допомогою ділильного пристрою заготовка повертається на один зуб, а потім нарізається сусідня западина зуба та ін. Такий висопродуктивний спосіб нарізання зубів іноді застосовують в умовах ремонту при відсутності зубонарізних і горизонтально-фрезерних верстатів.

Нарізання методом зуботочіння. Зуботочіння використовують для нарізання циліндричних прямозубих і косозубих зубчастих коліс на спеціалізованих зубофрезерних верстатах за допомогою інструмента довб'яка (рис. 5.41). Довб'як має гвинтові зуби, які мають різальні кромки, що ріжуть, і заточують його аналогічно косозубому довб'яку. На звичайних зубофрезерних верстатах цим методом можна нарізати колеса з великим числом зубів (більше 80). Довб'як з нарізуваним колесом зачіпаються як два гвинтових колеса. При такому зачепленні відбувається подовжене ковзання поверхонь зубів, що є в даному випадку рухом різання. На зубофрезерному верстаті замість черв'ячної фрези встановлюють довб'як під кутом до осі заготовки.

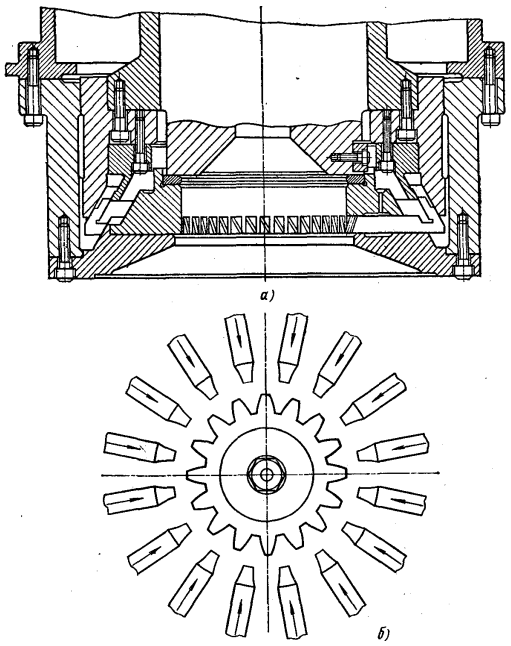


Рис. 5.40 – Схема зубодовбання спеціальною багаторізцевою головкою

Довб'як обертається і здійснює рух подачі заготовки. Кути підйому довб'яка і колеса що нарізається, а також кут нахилу супорта верстата підбирають таким чином, щоб сума всіх трьох кутів була рівна 90°. Налагодження зубофрезерного верстата роблять для роботи з великими швидкостями обертання столу. Метод зуботочіння, в порівнянні з зубофрезеруванням черв'ячною фрезою, дозволяє знизити основний (машинний) час у 2–3 рази, збільшити стійкість інструмента в 1,5–2 рази і знизити витрати на інструмент на 40–50%.

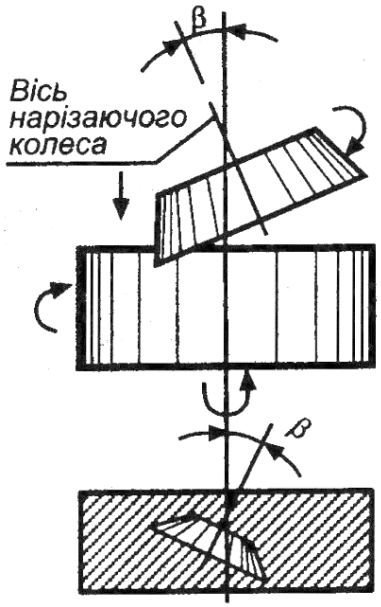


Рисунок 5.41 – Схема зубозаточення циліндричних зубчастих коліс

Протягування зубів коліс. Обробку протягуванням западин між двома або декількома зубами роблять послідовно протягуванням, що має профіль, який відповідає профілю зубів нарізуваного колеса. Після кожного ходу протяжки, за який вона обробить западини на повну глибин у, колесо повертається, для чого протяжний верстат повинен бути вкомплектований ділильним механізмом. Таким способом нарізають зуби циліндричних прямозубих коліс із зовнішнім і внутрішнім зачепленням.

Протягування економічне при досить великій серійності виробництва. Одночасне протягування всіх зовнішніх зубів колеса здійснюють спеціальними кільцевими протяжками. При протягуванні прямозубих коліс є тільки один рух заготовки вздовж її осі. При протягуванні косозубих коліс, крім зазначеного руху заготовки уздовж осі, їй разом зі столом надається ще обертальний рух, що утворює нахил зубів.

Нарізання зубів конічних зубчастих коліс. Для нарізання зубів конічних зубчастих коліс 14–15 квалітету потрібно спеціальні зубонарізні верстати. При відсутності їх конічні зубчасті колеса з прямими і косими зубами можна нарізати на універсально–фрезерному верстаті за допомогою ділильної головки дисковими модульними фрезами. Точність обробки при цьому способі нижче (16–17 квалітет).

Заготовку 1 (рис. 5.42,а) конічного зубчастого колеса встановлюють на оправці в шпиндель ділильної головки 2, що повертають у вертикальній площині доти, поки утворюючі западини між двома зубами не займе горизонтального положення.

Зуби нарізають за три ходи і тільки при малих модулях – за два. При першому ході фрезерують западину між зубами шириною b_2 (рис. 5.42,б). Форма фрези відповідає формі западини на її вузькому кінці. Другий хід роблять модульною фрезою (профіль якої відповідає зовнішньому профілю зуба), повертаючи при цьому стіл з ділильною головкою на кут α:

$$tg\alpha = \frac{b_1 - b_2}{2l} \ ,$$

де b_1 – ширина западини між зубами на її широкому кінці, мм; b_2 – ширина западини між зубами на її вузькому кінці, мм; l – довжина западини, мм.

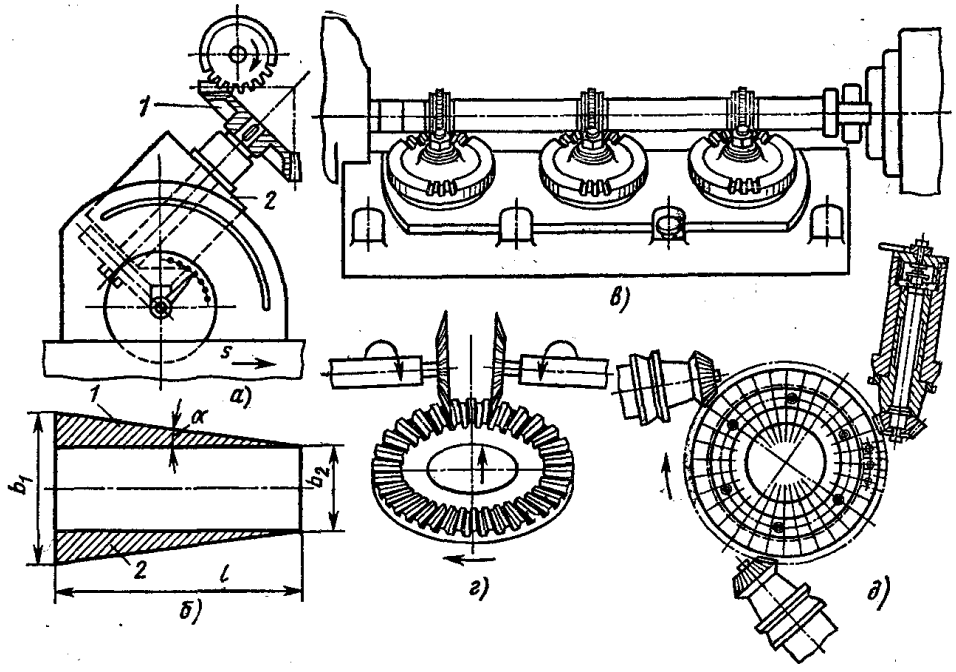


Рисунок 5.42 − Схеми зубофрезерування конічних коліс

При такому положенні фрезерують поверхню 1 зубів. За третій хід фрезерують поверхню 2 зубів, для чого ділильну головку повертають на той же кут, але в протилежному напрямку. Зазначений спосіб нарізання зубів широко використовуваний, а точність обробки відповідає приблизно 17 квалітету.

Для нарізання прямих зубів точних конічних зубчастих коліс у серійному і масовому виробництві застосовують більш продуктивні верстати – зубострогальні, на яких зуби оброблюють методом обкатування. При обробці зубів з модулем понад 2,5 мм їх попередньо прорізають профільними дисковими фрезами методом розподілу. Таким чином, на складних зубострогальних верстатах не здійснюють попередню грубу обробку, і, отже, їх використовують для точної обробки.

На рис. 5.42,в зображена схема попереднього фрезерування зубів трьох конічних зубчастих коліс одночасно на спеціальному або спеціалізованому верстаті, застосовуваному у багатосерійному і масовому виробництві. Верстат укомплектований пристроєм для автоматичного розподілу й одночасного повороту всіх оброблюваних заготовок.

Основний час при попередньому нарізанні прямозубих конічних коліс дисковими модульними фрезами на багатошпиндельних верстатах:

$$T_0 = \frac{(l_0 m + l_{вр} + l_n)}{s_м m_1} \cdot zi + \frac{\tau z}{m_1} \text{ хв},$$

де l_0 – довжина нарізуваного зуба, мм; $l_{вр}$ – довжина врізання, мм; $l_n = 2 \div 5$ мм – довжина перебігу, мм; z – число зубів нарізувального колеса; $s_м = s_z z_ф n_ф$ – подача, мм/хв; s_z – подача на зуб фрезы, мм; $z_ф$ – число зубів фрези; $n_ф$ – частота обертання фрези, про/хв; i = 1 – число ходів; m_1 – число одночасно нарізувальних конічних коліс; τ – час на швидкий відвід і підведення столу з заготовками у вихідне положення і поворот заготовки на один зуб, хв.

Довжина врізання:

$$l_{вр} = \sqrt{t \cdot (D_ф - t_1)} + (1 \div 2) \text{ мм},$$

де t_1 – найменша глибина прорізуваної западини між зубами, мм; $D_ф$ – діаметр фрези, мм.

Схема попереднього фрезерування зубів двома дисковими фрезами на спеціальному верстаті конструкції «ЕНІМСа» показана на рис. 5.42,г. У великосерийному і масовому виробництвах для попереднього (чорнового) нарізання зубів невеликих конічних зубчастих коліс застосовують зубонарізні верстати для одночасного фрезерування трьох заготовок з автоматичним розподілом, установом, підведенням і відведенням заготовок. Схема розташування шпинделів тришпиндельного високопродуктивного верстата для одночасного фрезерування зубів трьох заготовок, розташованих навколо спеціальної дискової фрези зображена на рис. 5.42,д. Верстатник по черзі встановлює заготовки на оправках робочих головок, підводить головку до упора і включає самохід. Всі інші рухи виконуються автоматично: робоча

подача, відвід нарізуючого колеса і поворот його на один зуб, наступне підведення, вимикання, коли інші дві головки продовжують працювати.

Основний час при попередньому нарізанні конічних зубчастих коліс із прямими зубами фрезою великого діаметра на високопродуктивних тришпиндельних верстатах (мм):

$$T_0 = \frac{(t+\tau)\cdot z}{60 m_1}\ , \text{(с)}$$

де t – час нарізання одного зуба, с; τ – час на відвід і підвід шпинделя з заготовкою у вихідне положення і поворот заготовки на один зуб, с; z – число зубів нарізувального конічного колеса.

Зуби 8–ї тупені точності нарізають при струганні на зубострогальних верстатах марок 5236, 5250, 5283. Верстати ці працюють методом обкатування (рис. 5.43): два стругальних різці роблять прямолінійні зворотньо–поступальні рухи уздовж зубів оброблюваної заготовки. При зворотному ході різці трішки відводяться від оброблюваної поверхні для зменшення зношування різальної кромки через тертя. Взаємне обкатування заготовки і різців забезпечує отримання профілю евольвенти. Час нарізання зуба в залежності від матеріалу, модуля, припуску на чистову обробку й інші фактори складає 3,5–30 с, ступінь точності коліс 7–9–а, шорсткість R_a = 1,6–6,3 мкм.

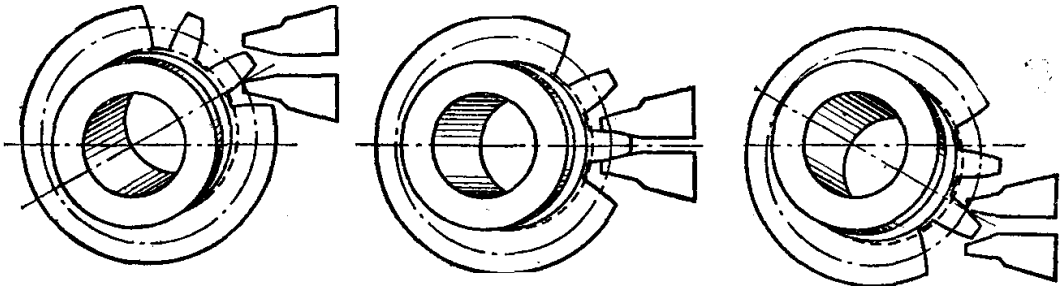


Рисунок 5.43 − Послідовність стругання конічного зубчастого колеса

Для обробки прямих зубів невеликих конічних зубчастих коліс у масовому виробництві застосовують кругове протягування зубів (рис. 5.44) на спеціальних зубопротяжних верстатах 5248 і 5С268. Різальним інструментом служить кругова протяжка, яка складається з декількох секцій фасонних різців (15 секцій по п’ятьох різців у кожній секції). Різці з профілем, що змінюється, розташовані в протяжці в наступному порядку: для чорнового, напівчистового і чистового нарізання зубів. Кожний різець при обертанні

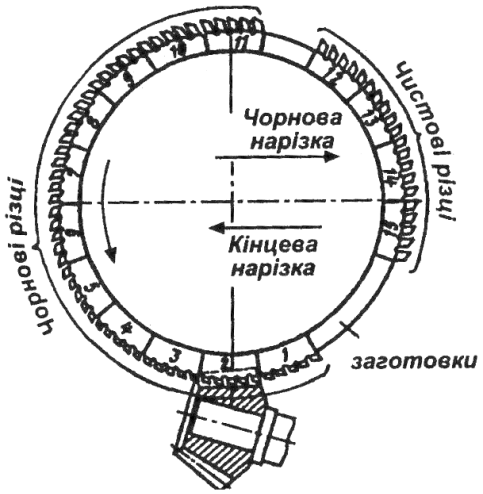


Рисунок 5.44 − Схема кругового протягування зубів конічного колеса

кругового протягування знімає визначений шар металу відповідно до величини припуску. Протяжка обертається з постійною частотою обертання і в той же час здійснює поступальний рух, швидкість якого різна на окремих ділянках прохідного шляху. При чорновому і напівчорновому нарізуванні протягування має поступальний рух від вершини початкового конуса до його основи, а при чистовому – у зворотному напрямку, від основи до вершини. За один оберт протягування цілком обробляє одну западину зубчастого колеса. Під час різання оброблювана заготовка нерухома. Для обробки наступної западини заготовка повертається на один зуб у той час, коли підходить вільний від різців сектор кругового протягування. Описаний спосіб нарізання зубів відрізняється високою продуктивністю, точність у 2–3 рази більша у порівнянні зі струганням і відповідає точності, що досягається при нарізанні методом обкатування.

Основний час нарізання зубів конічного зубчастого колеса методом кругового протягування:

$$T_0 = \frac{(T + \tau) \cdot z}{60} \text{ (хв)},$$

де T – час нарізування одного зуба, с; τ – час повороту заготовки на один зуб, с.

Нарізання конічних зубчастих коліс із криволінійними зубами може бути виконано тільки на спеціальних верстатах. Виготовляють верстати, на яких різальним інструментом є різцева головка (рис. 5.45,а). Розрізняють головки цільні і зі вставними різцями. Цільні головки виготовляють з номінальним діаметром від 12,7 (½") до 50,8 мм (2") для нарізання коліс дрібних модулів. Різцеві головки діаметром 88,9 мм (3½") більше 457,2 мм (18") виготовляють із вставними різцями.

Різцеві головки розрізняють по роду обробки, для якої вони призначені, на чорнові (для чорнових проходів) і чистові (для чистових проходів). Різцеві головки бувають односторонні, двохсторонні та трьохсторонні.

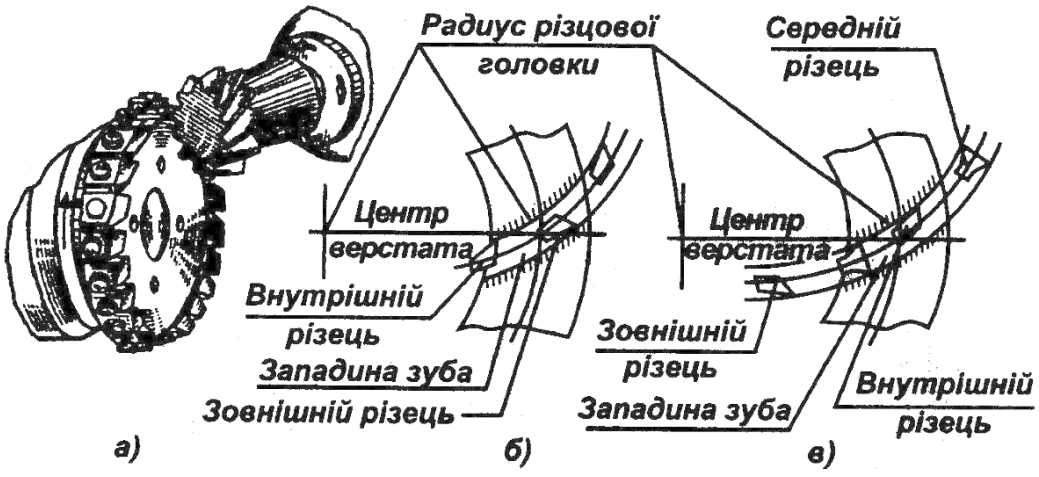


Рисунок 5.45 − Схеми нарізання конічного зубчастого колеса з криволінійними зубами

Для чорнового нарізання зубів застосовують двохсторонні і трьохсторонні різцеві головки. Двохсторонні головки використовують при нарізанні зубів методами обкатування і копіювання (врізання), а трьохсторонні тільки при роботі методом копіювання. Двохсторонні головки ріжуть зовнішніми і внутрішніми різцями, розташованими почерзі. Кожний різець одночасно оброблює бічну сторону зуба і частину западини (рис. 5.45,б). Трьохсторонні головки, на відміну від двохсторонніх, мають зовнішні, внутрішні і середні різці. Зовнішні і внутрішні різці оброблюють тільки бічні сторони зуба, а середні різці – тільки западини зубів (рис. 5.45,в).

Однобічні і двохсторонні чистові різцеві головки використовують, головним чином, для остаточного нарізання зубів після чорнового нарізання. Однобічні головки мають всі зовнішні або всі внутрішні різці. Зовнішні різці служать для обробки ввігнутої сторони зубів, внутрішні – для випуклої. Різці чистових головок зрізують метал тільки з бічних сторін зубів.

Чорнове нарізання зубів конічних коліс з великим числом зубів звичайно роблять методом копіювання, при якому оброблювана заготовка закріплена нерухомо, а обертова різцева головка переміщається вздовж осі і прорізає западини зубів по черзі. Цей метод більш продуктивний, ніж метод обкатування, застосовуваний для нарізування коліс з малим числом зубів.

Чистове нарізання зубів конічних коліс роблять тільки методом обкатування. Колеса з великим числом зубів нарізаються звичайно двосторонніми головками, а з малим числом – односторонніми.

Основний (технологічний) час нарізання конічних зубчастих коліс із криволінійними зубами:

$$T_0 = \frac{(T + \tau) \cdot z}{60} \text{ (хв.)},$$

де T – час нарізання однієї западини зуба, с; τ – час повороту заготовки на один зуб, підведення і відвід її у вихідне положення, с.

Заокруглення зубів коліс. У коліс для коробок швидкостей торці зубів заокруглюють на спеціальних закруглючих верстатах двома методами: пальцевою фрезою (рис. 5.46,а) і пустотілою фрезою (рис. 5.46,б). Пальцева фреза в процесі роботи обертається і тимчасово має зворотньо–поступальний рух; оброблюване колесо повільно обертається. У результаті додавання двох рухів фреза огинає кромку кожного зуба, закруглюючи його. Пустотіла фреза теж має обертовий і поступально–зворотний рух, але колесо має періодичний ділильний рух на один зуб. При цьому фреза заокруглює протилежні кромки суміжних зубів.

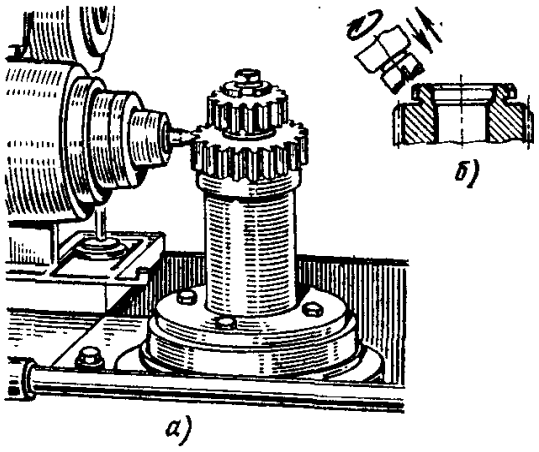


Рисунок 5.46 − Схеми заокруглення зубів циліндричних зубчастих коліс

Накатування зубів коліс. Накатування в 15–20 разів продуктивніше зубонарізання і, крім того, заощаджує метал. Зуби коліс з модулем до 1 мм накатують у холодному стані, а зуби коліс з модулем більш 1 мм – у гарячому. У холодному стані дрібномодульні колеса можна накатувати на токарних верстатах з повздовжньою подачею. Схема такого накатування показана на рис. 5.47,а. На оправці, встановленій в центрах, закріплюють заготовки 4 і ділильне колесо 2, що знаходиться на початку процесу в зачепленні з двома або трьома накатниками 1 і 3, закріпленими на супорті верстата. По виходу з зачеплення з колесом 2 накатники приводяться в обертання зубами накатної частини заготовок. Для утворення симетричного профілю зубів накатування роблять спочатку в прямому, а потім у зворотньому напрямку обертання шпинделя. Кожний накатник має забірну частину для поступового утворення зубів, що накатуються. Ступінь точності зубів коліс при холодному накатуванні приблизно 14–15 квалітет.

Розроблено інший спосіб холодного накатування зубів, що призначений для отримання косих і прямих зубів циліндричних коліс і особливо зубів на кінцях валів. Суть цього способу полягає в тім, що заготовку, встановлену в центрах спеціального верстата, накатують двома накатниками, що мають форму плоских рейок.

При гарячому накатуванні нагрівають заготовку за допомогою СВЧ до 1000–1200° С (відбувається за 20–30 с), після чого здійснюється накатування зубів двома накатниками. Гаряче накатування роблять як з радіальної, так і з повздовжніми подачами на спеціальних накатних верстатах. Перед накатуванням заготовки з оправленням опускають у високочастотний индуктор, у якому вони нагріваються, після чого починається процес накатування. Гаряче накатування з повздовжньою подачею здійснюється шляхом переміщення (звичайно знизу на гору) заготовок, нагрітих в індукторі.

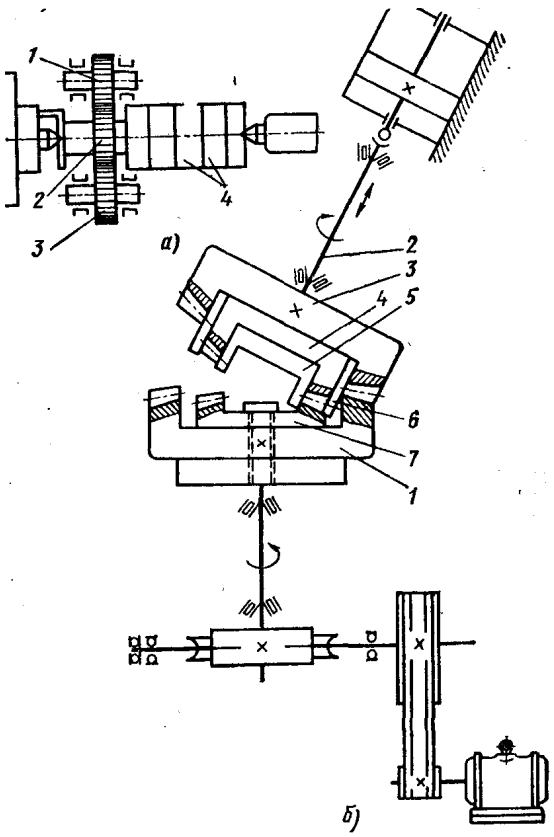


Рисунок 5.47 – Схеми зубонакатування коліс: *а*) циліндричних; *б*) конічних

Штучний час накатування зубів коліс з модулем 2–3 мм складає 30–60 секунд в залежності від числа зубів. Ступінь точності зубів таких коліс становить 16–17 квалітет.

Для підвищення точності зубів застосовують комбіноване накатування, що представляє собою гаряче накатування з наступним холодним калібруванням. У гарячому стані накатують зуби конічних коліс з модулем до 4,5–5 мм і діаметром до 450 мм. На накатування зубів таких коліс потрібно 1–2 хв.

Схема накатування криволінійних зубів конічного вінця заднього моста автомобіля ЗИЛ–130 на зубонакатному стані приведено на рис. 5.47,б. Штамповану заготовку обробляють на токарних напівавтоматах. Потім її встановлюють і закріплюють в нижньому шпинделі зубонакатного стану. За допомогою індуктора поверхню заготовкь нагрівають до 1250° С протягом 1 хв. на величину, рівну висоті зуба. Індуктор автоматично відводиться і підводиться верхнім шпинделем 2 із зубонакатником 4 і колесом-синхронізатором 3, що зчіплюється з конічним колесом-синхронізатором, закріпленим на нижньому шпинделі. Зуби нижнього колеса-синхронізатора входять у зачеплення з зубами верхнього колеса-синхронізатора і приводяться в обертання зубонакатником 4, зуби якого і реборди 5 та 6 утворять зуби вінця 7, що накатується. Загальний час накатування 1,5 хв., а економія легованої сталі близько 40%.

Необхідна точність зубів виходить після чистової обробки. Припуск при цьому дорівнює 0,2–0,3 мм на сторону зуба. Накатування зубів підвищує термін служби зубчастих коліс внаслідок збільшення їхньої зносостійкості.

Оздоблювальна обробка зубів коліс. За допомогою обкатування, шевінгования, шліфування, зубохонінгування, притирання і припрацювання здійснюють оздоблювальну обробку зубів коліс.

Обкатуванням називають процес отримання гладкої поверхні зубів незагартованого колеса при обертанні його в зачепленні з загартованими шліфованими зубчастими колесами (еталонами). При цьому похибки форми зуба ліквідовуються.

Шевінгуванням називають процес чистової обробки зубів незагартованого колеса, що полягає в зіскрабуванні дрібних волосоподібних стружок особливим інструментом – шевером. Шевінгуванням досягається 12–14 квалітет точності і шорсткість R_a = 0,4–0,8 мкм. Шевер, який приводиться в обертовий рух, обертає оброблюване колесо, якому надається осьове зворотно–поступальне переміщення, що є рухом подовжньої подачі (0,15–0,3 мм на 1 оберт колеса), необхідне для рівномірного зняття металу по всій довжині. Стіл верстата має вертикальне переміщення для тиску шевера на колесо. Після закінчення кожного ходу столу шевер одержує обертання в зворотну сторону й обробляє іншу сторону зуба. Для попередньої обробки число ходів 4–6, для остаточної – 2–4.

Шевінгування здійснюють двома способами, що відрізняються оброблюваним інструментом – шевером-колесом і шевером-рейкою. Шевер-колесо являє собою різальне колесо з канавками глибиною 0,8 мм, прорізаними на бічних сторонах кожного зуба. Канавки утворять різальні кромки, що зіскрібають стружку. Оправку з обробленим колесом (рис. 5.48) закріплюють у центрах на столі верстата і вводять із ним в зачеплення шевер.

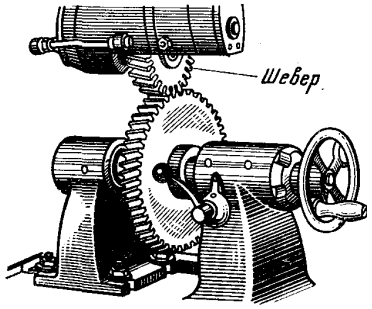


Рисунок 5.48 − Схема шевінгування зубів круглим шевером

Шевери із швидкорізальної сталі обробляють зубчасті колеса з твердістю HRC35. Для більш твердих коліс використовують шевери збірної конструкції, зуби яких оснащують твердосплавними пластинками, припаяними на евольвентну частину шевера. На пластинках передбачені канавки, що утворять різальні кромки. Шевінгування здійснюють на верстатах 5701, 5702, 5703 та ін.

Основний час для шевінгування зубів циліндричних зубчастих коліс дисковим шевером:

$$T_0 = \frac{(l_0 m + l_{вр} + l_n) \cdot za}{s_{пр} n_{шев} s_в z_{шев}} \cdot k \ \text{(мм)},$$

де a – припуск на шевінгування на сторону попрофілю зуба, мм; $n_{шев}$ – частота обертання шевера, об/хв.; $z_{шев}$ – число зубів шевера; $s_{пр}$ – подовжня подача на один оберт зубчастого колеса, мм; $s_{пр}$ – вертикальна подача на один хід столу, мм; k – коефіцієнт, що враховує додаткові калібруючі ходи, $k = 1.1 \div 1.2$.

Значне поширення отримав спосіб шевінгування зубчатих коліс середніх модулів за один хід шеверами спеціальної конструкції. Такі шевери мають зуби (рис. 5.49): забірні I, різальні II і калібруючі III. Бічні поверхні правої і лівої сторін забірної частини різальних зубів шевера, складають з відповідними бічними поверхнями калібруючої частини кути величиною β. Шевер такої конструкції дозволяє знімати весь припуск за один зворотній (калибрующий) хід столу, здійснюваний при постійній відстані між осями шевера і колеса.

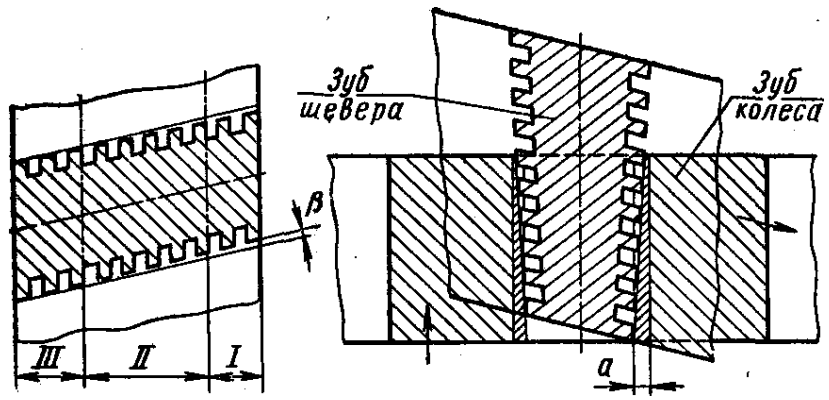


Рисунок 5.49 − Схеми зубошевінгування за один хід

Спеціальні шевери можуть бути виготовлені шляхом шліфування стандартних шеверів шириною 20–25 мм. При цьому забірна і різальна частини повинні мати не менше чотирьох-шести різальних кромок кожна. Продуктивність обробки при шевінгуванні за один хід збільшується в 2–3 рази завдяки скороченню числа циклів до одного і виключенню радіальних переміщень столу з оброблюваним колесом, неминучих при шевінгуванні стандартними шеверами.

Точність коліс після обробки спеціальними шеверами трохи вища, ніж при використанні стандартних шеверів, що пояснюється обробкою при постійній міжосьовій відстані шевера і зубчастого колеса. Відсутність механізму для радіальної подачі стола підвищує жорсткість системи ВПІД. Припуск з міжцентрової відстані складає 0,2–0,35 мм. Стійкість таких шеверів у 2–3 рази вища стійкості шеверів стандартної конструкції завдяки збільшенню числа різальних кромок, що одночасно беруть участь у роботі, і зменшенню

навантаження на кожну з них. Підвищення стійкості обумовлене також поліпшенням умов врізання зубів шевера, що відбувається плавно і безупинно не в радіальному, а в осьовому напрямку. Крім того, калібруючі зуби не беруть участь у зрізанні основного припуску *а* (рис. 5.49).

При шевінгуванні з діагональною подачею поступальне переміщення оброблюваного колеса здійснюється не по напрямку його осі, а під кутом α = 5° і більше (рис. 5.50). Внасліок цього довжина ходу зменшується, і число проходів можна прийняти меншим, ніж при звичайному шевінгуванні, що скорочує час обробки.



Рисунок 5.50 − Схема шевінгування з діагональною подачею

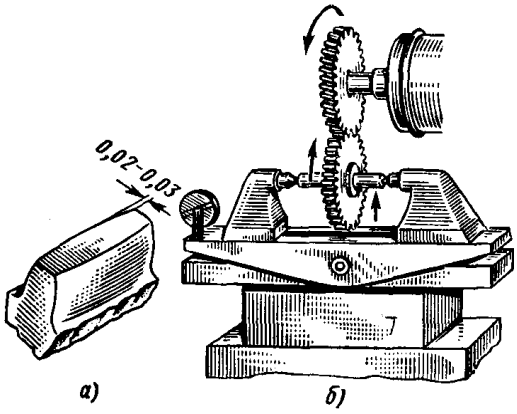


Рисунок 5.51 − Схема шевінгування бочкоподібного зуба

Шевінгуванням можна отримати зуби, кінці яких (рис. 5.51,а) на 0,02–0,03 мм тонші середини, що додає їм бочкоподібної форми. Така форма зуба виходить за допомогою застосування спеціального коливного приспосіблення (рис. 5.51,б). Колеса з бочкоподібним зубом мають менші шумові характеристики при роботі та більш зносостійкі.

Шевер-рейка (рис. 5.52) складається з окремих зубів з канавками, що утворюють різальні кромки на стороні кожного зуба. В процесі обробки стіл верстату з закріпленою на ньому шевером-рейкою має зворотньо-поступальний рух, і шевер-рейка приводить до обертання оброблюване колесо. Шевер-рейку виготовляють нахиленими зубами під кутом 15° для обробки прямозубих коліс; для обробки косозубих коліс шевер-рейка має прямі або похилі зуби, щоб утворити кут схрещування близько 15°.

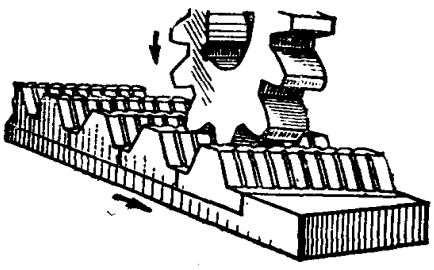
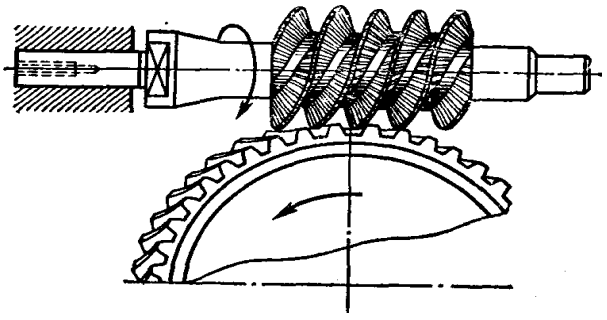


Рисунок 5.52 − Схема шевінгування шевер-рейкою



Рис− 5.53 − Схема шевінгування зубів черв’ячного колеса

Після кожного ходу столу колесо переміщається у вертикальному напрямку вниз на 0,025–0,04 мм. Через високу ціну інструменту, скупчення стружки в западинах зубів рейки, неможливості обробки бочкоподібних зубів шевінгування шевером–рейкою не знайшло широкого застосування. Схема шевінгування зубів черв'ячного колеса приведена на рис. 5.53.

У коліс, які гартуються, зуби шевінгують до термічного обробки, що знижує досягнуту точність і підвищує шорсткість поверхні. Проте при виготовленні гартованих коліс шевінгування застосовують як метод чистової обробки, що дозволяє обмежуватися тільки нарізанням зубів на зубофрезерних верстатах, не прибігаючи до чистового нарізання на зубодовбальних верстатах.

Шліфування зубів застосовують винятково для обробки загартованих коліс для досягнення 12–13 квалітетів точності. Шліфування зубів з евольвентним профілем здійснюють методами копіювання й обкатування. На верстатах, що працюють по методу копіювання, шліфування зубів здійснюється кругом, профіль котрого відповідає западині зубів, аналогічно дискової модульної фрези. Круг правлять особливим копірувальним механізмом за допомогою трьох алмазів (рис. 5.54,а), два з яких одержують рух від евольвентних копірів. Для коліс з різними модулями і числом зубів треба мати різні копіри. При шліфуванні коліс з великим числом зубів по методу копіювання має значення зношення шліфувального круга – якщо зуби шліфують у послідовному порядку, то помилка між першим і останнім профілями зубів буде максимальною. Для запобігання цього рекомендується повертати колесо не на один зуб, а на декілька, тоді зношення шліфувального кола не буде викликати накопиченої помилки між крайніми зубами.

Верстати, що працюють по методу копіювання, мають більшу продуктивність, ніж верстати, що працюють по методу обкатування. Однак ці верстати забезпечують меншу точність

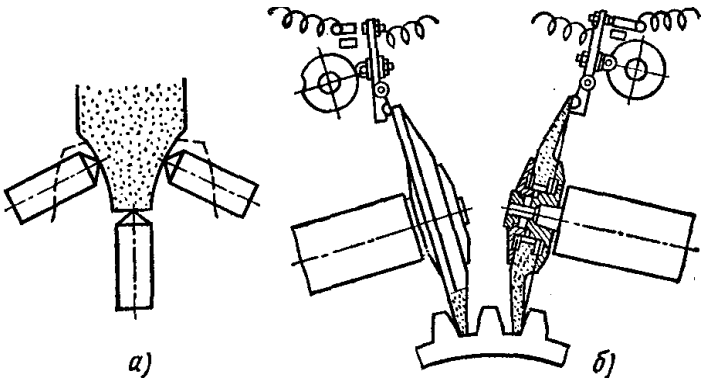


Рисунок 5.54 − Схеми зубошліфування методами копіювання й обкатування

Основний час для зубошліфування методом копіювання:

$$T_0 = \frac{2Lik_{Д}}{1000v_{CT}} \cdot z \ \text{(хв)},$$

де L – довжина ходу столу, мм; i – число проходів, що залежить від припуску і тривалості виходу; $k_{Д} = 1.3 \div 1.5$ – коефіцієнт, що враховує час розподілу, тобто повороту колеса на зуб; $v_{ст}$ – швидкість зворотньо–поступального руху столу, м/хв.

Довжина ходу стола:

$$L = l_0 + \sqrt{h \cdot (D_k - h)} + 10,$$

де D_k – діаметр кола, мм; h – висота зуба, мм.

Верстати, що працюють по методу обкатування, менш продуктивні, але забезпечують велику точність (11–12 квалітет). Шліфування здійснюється одним або двома кругами на верстатах моделі 5В830, 5В832, 5В835 та ін. На зубошліфувальних верстатах два тарілчатих круги розташовані під кутом зачеплення, і утворюють якби профіль зуба вихідної рейки, по якому і відбувається обкатування коліс (рис. 5.54,б). У процесі роботи колесо, що шліфується, переміщається в напрямку перпендикулярному осі, одночасно провертаючись навколо цієї осі (рух обкатування). Крім того колесо, що шліфується, має зворотньо-поступальний рух уздовж своєї осі, що забезпечує шліфування профіля зуба по всій його довжині. Завдяки руху обкатування виходить евольвентна поверхня, тому даний метод більш точний, ніж метод копіювання, але менш продуктивний через витрату часу на рух обкатування, що відсутнє при методі копіювання.

Оброблювані колеса закріплюють на оправці, що встановлюють в центрах бабок, розташованих на столі верстата. Стіл має зворотньо–поступальний рух на величину рівну сумарній ширині коліс, збільшеної на вхід і вихід шліфувального круга. Автоматичний поворот колеса на один зуб здійснюється після одно– або дворазового проходження коліс під шліфувальним кругом. Припуск на шліфування встановлюють 0,1–0,2 мм на товщину зуба. Для запобігання похибок, пов'язаних зі зношенням шліфувальних кругів, верстати укомплектовують спеціальними пристроями для автоматичного виправлення кругів і регулювання їхнього положення.

Основний час для зубошліфування на верстатах, що працюють методом обкатування двома тарілчастими кругами, визначається за формулою:

$$T_0 = \left(\frac{Li}{s_{np}} + i\tau \right) \cdot z ,$$

де L – довжина ходу стола, мм; i – число ходів; $S_{пр}$ – повздовжня подача стола мм/хв; τ – час на переключення і розподіл, хв.

Довжина ходу стола:

$$L = l_0 + 2 \cdot \left[\sqrt{h \cdot (D_k - h)} + 5 \right],$$

Верстати, які працюють по методу обкатування одним дисковим кругом, що представляє зуб рейки, простіше за конструкцією і займають меншу площу цеху, ніж верстати з двома кругами. Точність обробки на них трохи менша, але 6–ий ступінь забезпечується. Відносні рухи оброблюваного колеса і шліфувального круга в них такі ж.

Зубошліфувальні верстати моделі 5А830, 5А832, 5В833, 5835 працюють шліфувальним кругом, заправленим у виді черв'яка (рис. 5.55). На цих верстатах можна шліфувати зуби з модулем 10 мм, а зуби з модулем 1 мм можна прорізати в суцільному металі. Виправлення черв'ячного круга роблять послідовно чорновим і чистовим дисковими багатониточними накатниками.

Прямі зуби конічних коліс шліфують по методу обкатування двома дисковими абразивними кругами на верстатах моделі 5870, 5А87 (рис. 5.56,а), сконструйованих за принципом роботи зубострогальних верстатів.

Шліфування кругових зубів конічних коліс здійснюється на спеціальних верстатах чашковим шліфувальним кругом (рис. 5.56,б).

Перетин бічної сторони круга повинний мати профіль зуба рейки. Чашковий круг має обкатний рух щодо зуба, що шліфується.

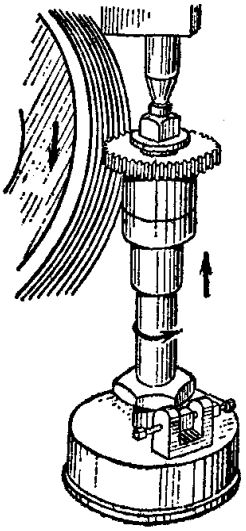


Рисунок 5.55 – Схема зубошліфування циліндричного зубчастого колеса черв'ячним шліфованим кругом

Для остаточної обробки зубів прямозубих і косозубих циліндричних зубчастих коліс застосовують **зубохонінгування**, забезпечуючи 13–14 квалітет точності.

Хон являє собою колесо з дрібнозернистого абразивного матеріалу, з якого роблять хонінгувальні бруски. Хонінгувальне колесо, знаходячись у зачепленні з хоном, робить реверсивне обертання (поперемінно в обидві сторони) і зворотньо-поступовий рух уздовж своєї осі. Хонінгування всіх зубів коліс здійснюється за 30–40 с при рясному охолодженні гасом. Припуск під хонінгування 0,02–0,05 мм на сторону зуба. Для хонінгування зубів коліс необхідно використовувати верстати мод. 5913, 2ДО139.

Притирання застосо–вують для обробки зубів коліс після термічної обробки. Процес притиран–ня полягає в тому, що оброблюване колесо оберта–ється в зачепленні з чавун–ними колесами–притирами, змазаними абразивною пастою. Крім того, оброблююче колесо і притири мають в осьовому напрямку зворотньо–поступальний рух один відносно одного; такий рух прискорює процес обробки і підвищує точність.

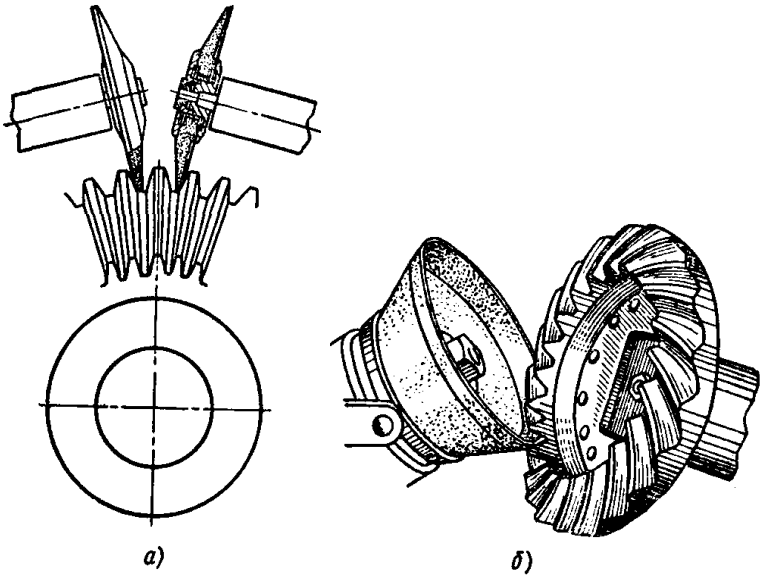


Рисунок 5.56 – Схеми зубошліфування конічного зубчастого колеса: *а*) з прямим зубом, *б*) з криволінійним зубом

Притирочні верстати виготовляють з рівнобіжними (рис. 5.57,а) і з перехресними осями притирів (рис. 5.57,б). Зубопритирочні верстати працюють трьома притирами, встановленими під різними кутами. Один притир (прямозубий) встановлений паралельно осі оброблюваного колеса, а два інших (косозубих) – під кутом близько 5° з різним напрямком (один правий, інший

лівий). При такому розташуванні притирів колеса працюють як у гвинтовій передачі. При додатковому осьовому переміщенні притираючого колеса притирка відбувається рівномірно по всій довжині зуба. Притираюче колесо одержує обертання попеременно в обидві сторони для рівномірного притирання обох сторін зуба, а необхідний тиск притирів на бічні поверхні зубів створюється гідравлічними циліндрами.

Притирка зменшує шорсткість поверхні зубів, зменшуючи шум і збільшуючи плавність роботи коліс. Притиркою можна виправити лише незначні погрішності профілю кроку. При значних погрішностях колесо треба шліфувати, після чого притирати.

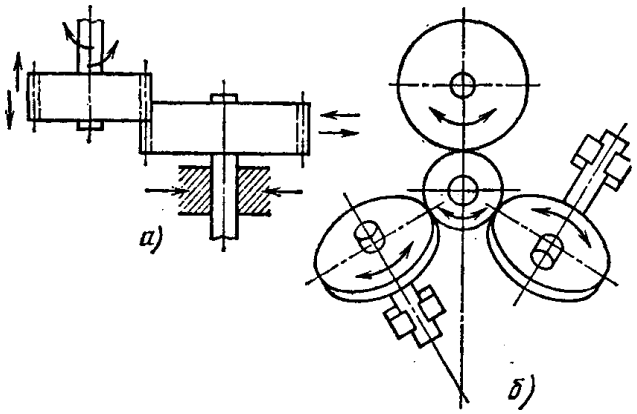


Рисунок 5.57 − Схеми притирки зубів циліндричних зубчастих коліс

Приробка відрізняється від притирки тим, що притирають не колесо з притиром, а два парних колеса, виготовлених для спільної роботи в зібраній машині.

Таким чином, методи обробки зубів коліс залежать від запропонованих до колеса вимог. Для отримання зубів 12–14 квалітету точності їх піддають попередній і чистової обробці, а потім **поліруванню**. Для отримання 15 квалітету точності зуби обробляють без полірування. Колеса 16 і 17 квалітетів точності отримують при однократному нарізанні зубів. Невеликі зубчасті колеса з модулем до 1 мм 14–15 квалітетів точності можна накатувати холодним способом, а колеса з модулем 2 мм і більше одержують 16–17 квалітет точності при гарячому накатуванні. Полірування зубів до термічної обробки здійснюють шевінгуванням, забезпечуючи 12–14 квалітет точності та невелику шорсткість поверхні зубів. Після термічної обробки висока точність, досягнута шевінгуванням, знижується приблизно на одну ступінь в результаті короблення зубів, тому приходиться робити додаткову полірувальну обробку зубів. Дорогим методом обробки термічно оброблених зубів є їхнє шліфування, при якому забезпечується 12–13 квалітет точності. Виробничими методами обробки зубів є їхнє хонінгування, що забезпечує 13–14 квалітет точності.

При виробництві зубчастих коліс 16–17 квалітету точності їхня обробка закінчується термічною обробкою. Прямі зуби конічних коліс 16–17 калітету точності начорно нарізають дисковими модульними фрезами, а чистову їх обробку роблять на зубострогальних верстатах методом обкатування або на протяжних верстатах круговою протяжкою, досягаючи при цьому 16 квалітет точності. Кругові зуби конічних коліс такої ж точності нарізають різцевими головками.

5.6. Обробка різьбових поверхонь

Види різьби. В машинобудівному виробництві розрізняють циліндричну (кріпильну та ходову) та конічну різь. Основною різьбою для кріпильних деталей є метрична різьба трикутного профілю з кутом профілю 60°. Дюймову різьбу, з кутом профілю 55°, нарізають на деталях, що використовуються для виготовлення запчастин та для ремонту. Ходові різі нарізають прямокутного та трапецеїдальних (однозахідні та багатозахідні) профілів. Різь може бути зовнішня (на зовнішній поверхні) та внутрішня (на внутрішній поверхні). Зовнішню різь можна отримати різним інструментом: різцями, гребінками, плашками, саморозкриваючими різенарізними головками, дисковими та груповими фрезами, шліфувальними кругами, накатним інструментом. Для виготовлення внутрішньої різі застосовують різці, мітчики, групові фрези, накатні мітчики. Той чи інший метод нарізання різі застосовують в залежності від профілю різі, матеріалу виробу, об'єму виробничої програми і необхідної точності.

Нарізання різі різцями та гребінками. Трикутну різь нарізають на токарно–гвинторізних верстатах різевими різцями (однопрофільними) або різевими гребінками (багатопрофільними). Профіль різі забезпечується точністю профілю різьбового різця та правильним встановленням його відносно заготовки: різець повинен бути розміщений перпендикулярно до осі верстата, бо інакше різь вийде косою. Крім цього, передня поверхня різця повинна бути розміщена на висоті центрів, бо при іншому її розміщенні різь буде нарізана під іншим кутом.

В багатосерійному та масовому виробництві економічно нарізати різь на різенарізних напівавтоматах. У них подача на глибину, робочий і зворотній прискорені ходи, та відвід різця здійснюється автоматично. Для нарізання особливо точної різі застосовують токарно–гвинторізні верстати з корекційним пристроєм, що компенсує похибки кроку ходового гвинта.

Нарізання прямокутної і трапецеїдальної різей є найбільш складною роботою в порівнянні з нарізанням трикутних різей. Прямокутні і трапецеїдальні різі на ходових гвинтах бувають одно– і багатозахідними. При їх нарізанні різці встановлюють під кутом, що відповідає куту підйому гвинтової лінії, для чого застосовують спеціальні державки. Нарізання різі гребінками скорочує час обробки, а припуск розподіляється між декількома зубами. Кінці зубів зточують від одного краю гребінки до іншого, бо глибина різання поступово збільшується. Гребінки застосовують тільки для нарізання гострокутних різей.

Нарізання внутрішньої різі мітчиками. Його здійснюють ручними мітчиками (рис. 5.58), які застосовують комплектом із двох або трьох штук. Для нарізання внутрішньої різі на верстатах, переважно револьверних та свердлильних груп, застосовують машинні та гаєчні мітчики. Машинні мітчики використовують для нарізання як глухих, так і наскрізних різей, гаєчні – тільки для нарізання наскрізних різей в гайках та кільцях. В цьому випадку подовжену ходову частину гаєчного мітчика використовують для наживлення нарізних

заготовок, а після заповнення хвостової частини заготовками мітчики виймають з патрона.

Для нарізання різі мітчиками застосовують різні типи патронів: жорсткі, плаваючі та самовимикаючі. Жорсткі патрони являють собою державку для мітчика. Вони застосо–вуються тільки на револьверних верстатів і автоматах, чим досягається співвісне розміщення мітчика в отворі. Вивернення мітчика здійснюється реверсуванням шпинделя верстата з патроном. Плаваючі патрони застосо–вують при нарізанні різі в отворах корпусних деталей в тих випадках, коли важко при жорсткому кріпленні мітчика здійснювати співпадання його вісі з віссю нарізуваного отвору.

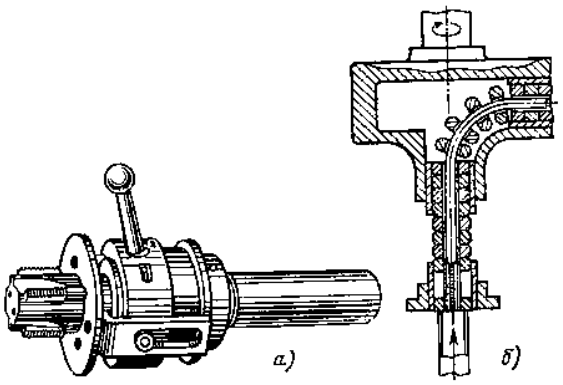


Рисунок 5.58 − Мітчики:
а) самозакриваючі; *б*) для нарізання різі на гайконарізному автоматі

Фрезерування зовнішніх та внутрішніх різей здійснюється на різефрезерних верстатах двома методами: дисковими та груповими фрезами. Перший метод застосовується при нарізанні зовнішньої різі з великим кроком, переважно трапецеїдальних. Нарізання проводиться в один хід, а особливо великих різей – за два або три ходи. Профіль фрези відповідає профілю різі; вісь фрези розміщена відносно вісі заготовки під кутом рівним куту підйому різі. При нарізанні різі фреза обертається та має поступовий рух вздовж осі заготовки на один крок за один оберт. Обертання заготовки створює кругову подачу.

5.7. Виготовлення шпонкових пазів

Шпонкові пази на валах призначені для призматичних і сегментних шпонок. Шпонкові пази для призматичних шпонок можуть бути закритими з обох сторін (глухі), з однієї сторони і наскрізні. Наскрізні шпонкові пази і закриті з однієї сторони фрезерують дисковими фрезами (рис. 5.59,а). Паз фрезерують за один прохід з точністю 11 квалітету. Для підвищення точності здійснюють два проходи, використовуючи фрезу, ширина якої на 1–2 мм менша ширини шпонкового паза.

Наскрізні шпонкові пази на валах можна обробляти і на стругальних верстатах. Пази на довгих валах, наприклад на ходовому валу токарного верстату, економніше стругати на повздовжньо–стругальному верстаті, ніж фрезерувати на повздовжньо–фрезерному.

Глухі шпонкові пази фрезерують стандартними пальцевими шпонковими фрезами двома способами. При першому способі фреза спочатку заглиблюється на повну глибину шпонкового паза, після чого включається повздовжня подача, з якою шпонковий паз фрезерують на повну довжину (рис. 5.58,б). Відповідно

фреза працює в основному периферійною частиною, діаметр якої після заточування зменшується, а тому ширина паза отримується неточною. При другому способі шпонкова фреза заглиблюється на 0,1–0,3 мм і фрезерує паз по всій довжині; далі заглиблюється на таку ж глибину і знову фрезерує по всій довжині в іншому напрямку і так далі до обробки пазу на повну глибину. Звідси і походить назва цього способу обробки – маятниковий. Він забезпечує отримання більш точних розмірів шпонкових пазів, бо фреза працює торцевою частиною і зовнішній діаметр її не змінюється. Крім того, термін експлуатації фрези значно зростає, бо переточку її проводять по торцю (як у свердл). Для маятникового способу фрезерування шпоночних канавок необхідний спеціальний шпонковофрезерний верстат мод. 692М. При обробці шпонкових пазів шириною до 8 мм більш продуктивний другий спосіб, а при обробці шпонкових пазів шириною більше 10 мм – перший спосіб.

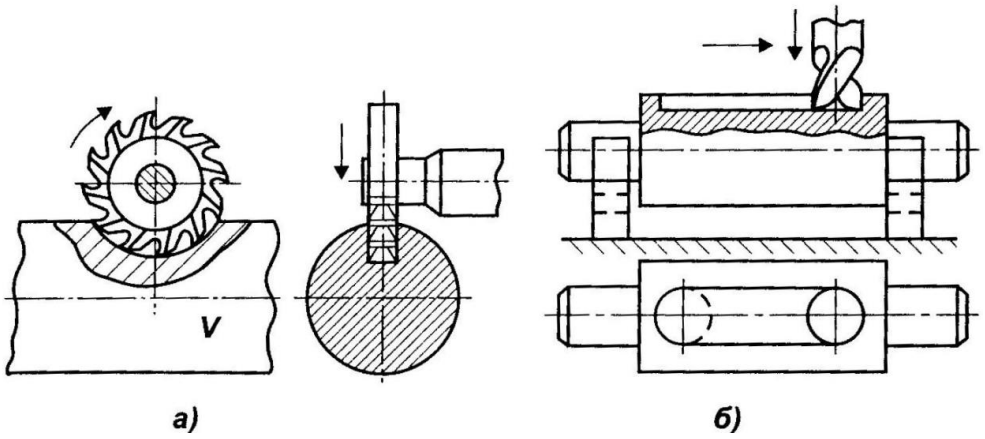


Рисунок 5.59 − Схеми фрезерування шпонкових пазів на валах

Шпонкові пази під сегментні шпонки фрезерують фрезами для сегментних шпонок на звичайних фрезерних верстатах. В масовому виробництві для цієї операції застосовують спрощені спеціальні верстати невеликих розмірів. Шпонкові пази в отворах втулок, коліс, шківів та інших деталей обробляють в одиничному і дрібносерійному виробництвах на довбальних верстатах, а в серійному і масовому – на протяжних верстатах. Основний час для всіх видів обробки шпонкових пазів визначають по загальних формулах для відповідного методу обробки.

Фрезерування шпонкових пазів також здійснюється на універсальних горизонтально-фрезерних верстатах дисковими фрезами, якщо дозволяються радіусні вхід і вихід паза вала. Врізні шпонкові пази під призматичну шпонку з округленими кінцями фрезеруються на шпонково-фрезерних верстатах моделей 692Д, 692А, ДФ–82 маятниковим способом кінцевою шпонковою фрезою. Вони працюють по напівавтоматичному циклі. При кожнім ході фреза заглиблюється на 0,05–0,25мм. В умовах дрібносерійного виробництва ці пази фрезеруються на вертикально-фрезерних верстатах. У цьому випадку попередньо свердлиться отвір діаметром, рівним ширині паза, для встановлення фрези на задану глибину. Фрезерування здійснюється за один робочий хід.

5.8. Обробка шліцевих поверхонь

В шліцевих з’єднаннях спряжені деталі центрують трьома способами (рис. 5.60): по зовнішньому діаметру, по внутрішньому діаметру та по бокових поверхнях шліців. Форма шліців буває прямокутною, евольвентною і трикутною. В машинобудуванні використовують всі вище перераховані способи центрування. Найбільш точними є центрування по внутрішньому діаметрі. Центрування по зовнішньому діаметрі зустрічається частіше. Центрування по бокових поверхнях використовується порівняно рідко.

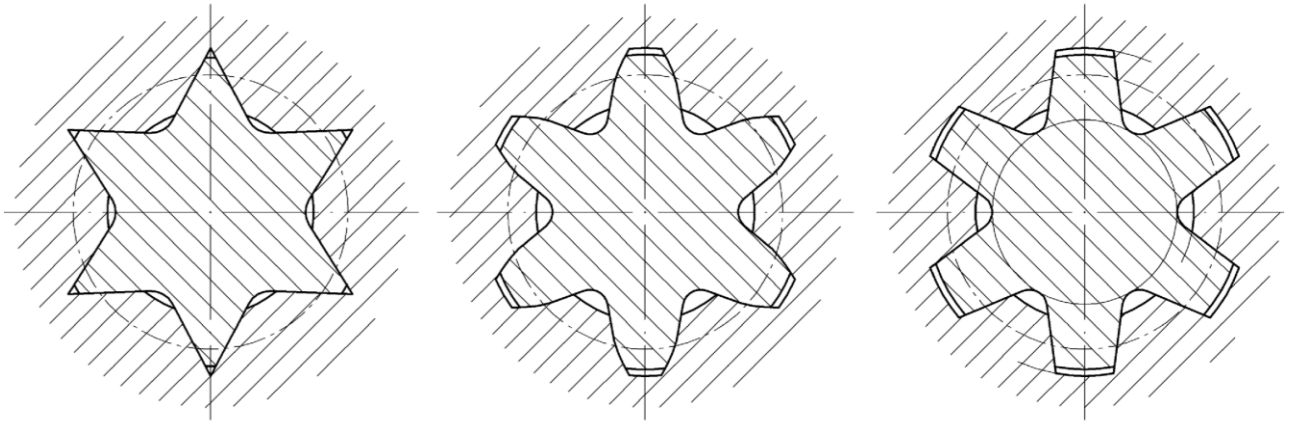


Рисунок 5.60 – Способи центрування в шліцевих з’єднаннях

Чорнове фрезерування шліців здійснюють фасонними дисковими фрезами на горизонтально–фрезерних верстатах за допомогою ділильних головок (рис. 5.61,а). Для підвищення продуктивності застосовують одночасне фрезерування двох – трьох шліцевих валів двома – трьома дисковими фрезами за допомогою трьохшпиндельної ділильної головки. До недоліків способу фрезерування шліців дисковими фрезами слід віднести те, що при цьому не забезпечується достатня точність шліців по кроку і ширині.

Більш точне фрезерування шліців проводять методом обкатування за допомогою шліцевої черв’ячної фрези (рис. 5.61,б) на шліцефрезерних або зубофрезерних верстатах аналогічно фрезеруванню зубів коліс. Цей метод є найбільш поширеним. В залежності від необхідної точності і розмірів шліців здійснюють один або два заходи.

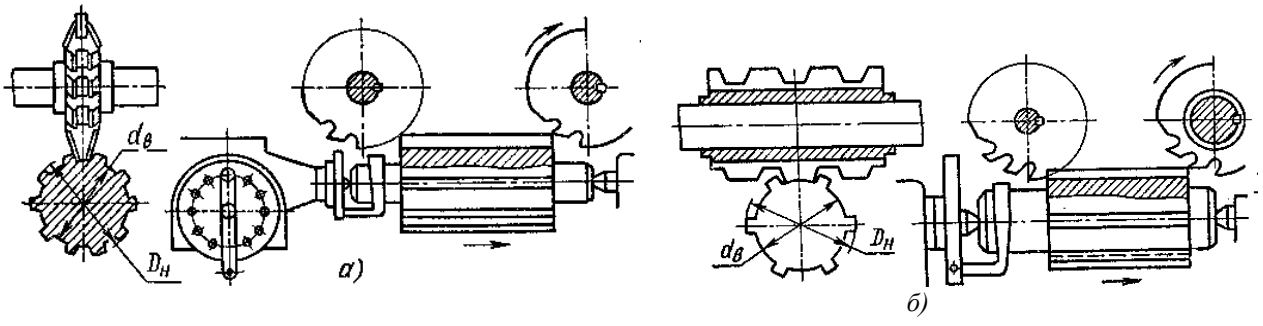


Рисунок 5.61 − Способи обробки шліцевих пазів

На валах після токарної обробки шліцеві пази виготовляються фрезеруванням. Застосовується також холодне накатування (евольвентний і трикутний профілі). Технологія виготовлення залежить від способу центрування і необхідної термічної обробки. Шліци валів з центруванням по внутрішньому діаметрі піддаються наступній обробці: спочатку вони фрезеруються з припуском на шліфування і канавками для виходу фасонного шліфувального круга; далі, після термічної обробки, здійснюється чистове шліфування бічних поверхонь і поверхні внутрішнього діаметра, що центрує, фасонним шліфувальним кругом.

Обробка валів з центруванням по зовнішньому діаметрі виконується в такій послідовності. Шліци фрезеруються з припуском під шліфування бічних поверхонь. Після термічної обробки здійснюється чистове шліфування бічних поверхонь шліців і чистове зовнішнє шліфування. Якщо шліци не піддаються термічній обробці, то після чистового шліфування зовнішньої поверхні здійснюється тільки чистове фрезерування шліців. Шліци обробляються на шліцефрезерних напівавтоматах моделей 5350, 5603, 5618А черв'ячною фрезою за один чи два робочих ходи в залежності від глибини шліців і необхідної точності. У дрібносерійному виробництві застосовується фрезерування шліців на горизонтально–фрезерних верстатах шліцевими дисковими фрезами.

Шліфування шліців виконується на шліцешліфувальних напівавтомтах моделей 3450, 3451. При центруванні по внутрішньому діаметрі використовують фасонний шліфувальний круг, що обробляє бічні поверхні двох сусідніх шліців і циліндричну поверхню внутрішнього діаметра між ними (рис. 5.62,а) чи набором кругів (рис. 5.62,б). Шліфування бічних поверхонь при інших методах центрування може здійснюватися двома шліфувальними кругами за схемою, зображеною на рис. 5.62,в. Зовнішня поверхня шліців шліфується на круглошліфувальних верстатах.

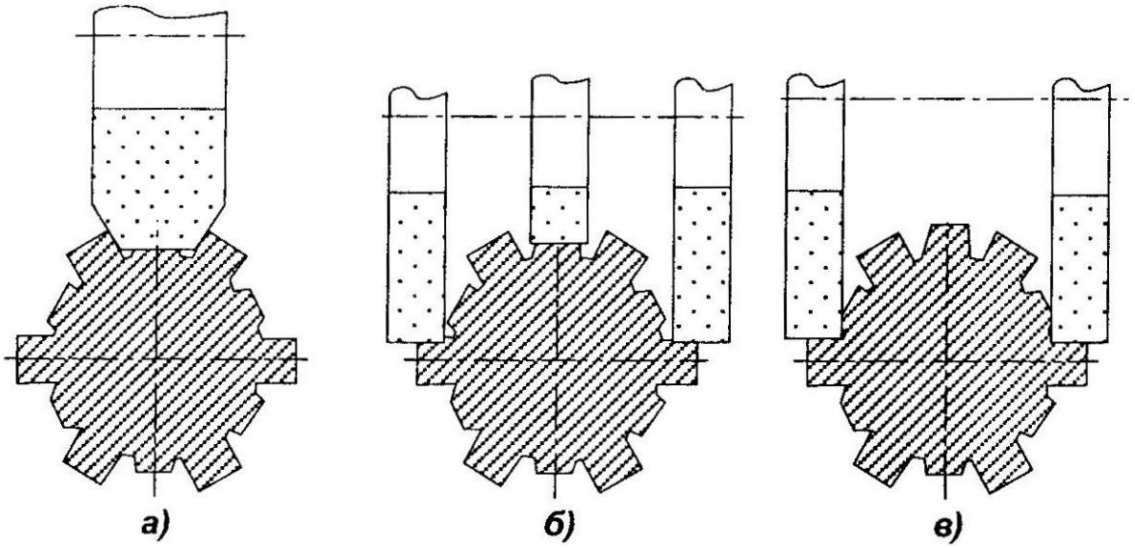


Рисунок 5.62 − Схеми шліфування шліців валів:
а) і *б*) – при центруванні по внутрішньому діамері;
в) – при центруванні іншими методами

5.9. Обробка деталей класу «ексцентричні деталі»

До класу «ексцентричні деталі» відносяться деталі, які мають загальну конфігурацію тіл обертання і характеризується наявністю двох або декількох груп поверхонь обертання, осі яких взаємно паралельні.

Деталі класу «ексцентричні деталі» називають: ексцентричні вали, ексцентричні втулки, кривошипи, колінчасті вали та ін. Використовуються для виготовлення деталей цього класу матеріали і заготовки, а також технічні вимоги до точності і чистоті поверхонь, які обробляються, – ті ж, що і при виготовленні деталей класу «вали», «втулки» і «диски».

Технологічна задача виготовлення деталей класу «ексцентричні деталі», як і при обробці деталей попередніх класів, розбивається на дві окремі задачі: а) обробка основних конструктивних елементів деталі – поверхонь обертання; б) обробка інших допоміжних конструктивних елементів.

Відмінною особливістю обробки ексцентричних деталей є та обставина, що технологічна задача їх виготовлення ускладнюється необхідністю не тільки забезпечувати отримання заданих розмірів і чистоти окремих поверхонь обертання або їх груп, але і витримати задане взаємне розміщення цих поверхонь чи груп поверхонь, які забезпечують паралельність їх осей і відстані, яка вимагається по кресленні (ексцентриситет). А якщо отримання окремих поверхонь обертання з потрібною точністю і чистотою обробки не викликає особливих труднощів і ведеться розглядуваними раніше методами, то забезпечення заданої паралельності і ексцентриситету осей цих поверхонь часто виявляється більш складною задачею, яка вимагає для свого рішення розробки і застосування спеціальних прийомів і засобів обробки.

Існує два методи обробки поверхонь обертання деталей, які мають різні осі: обробка за один установ і обробка за декілька установів. При цьому обробка деталі як за одним, так і за іншим методом може здійснюватися одним з двох способів відносного руху інструменту і деталі, яка обробляється: а) деталь нерухома, інструмент обертається навколо осі поверхні, яка обробляється; б) деталь обертається навколо осі поверхні, яка обробляється, інструмент обертового руху немає. Можливий третій спосіб відносного руху – одночасне обертання деталі і інструмента – застосовується в деяких спеціальних випадках.

Обробка ексцентриситету деталей за декілька установів складається з того, що кожна група поверхонь обертання, яка має свою вісь, обробляється за окремим встановленням деталі в одній чи декількох різноманітних операціях. Послідовність виконання операцій обробки ексцентричних деталей в цьому випадку визначається тим, які поверхні деталей приймаються за базові, і тим, на якому етапі обробки ці базові поверхні утворюються.

Так, при достатньо великій величині ексцентриситету, в якості базових поверхонь для обробки ексцентричного валика можуть бути прийняті центрові отвори, які свердлять по кондуктору на координатно-свердлильних верстатах, або яким-небудь іншим способом, який забезпечує задане взаємне їх розміщення. Послідовність обробки двох ексцентричних ступеней валика при

такому способі його базування довільна. Виготовлення валика можна почати з обробкою любої ступені, використовуючи одну або іншу пару центрових отворів. При такому способі висвердлювання центрових отворів небажане або неможливе, послідовність виготовлення ексцентричного валика є повністю визначеною. На першій операції проточується ступінь валика, яка має великий діаметр, на другій операції обробляється ступінь меншого діаметра з встановленням деталі по обробляючій раніше поверхні в несамоцентруючому чотирикулачковому патроні (в умовах одиничного або дрібносерійного виробництва), або в спеціальному пристосуванні, наприклад в цанзі, яка має ексцентрично розміщені зажимні отвори (в умовах серійного або масового виробництва). Зворотна послідовність виготовлення деталі привела б до необхідності завантаження діаметра вихідного матеріалу і до зниження коефіцієнта його використання.

Обробка за декілька установів ексцентричних втулок і ексцентриків–дисків може вестись по одній з наступних двох схем технологічного процесу.

1. На першій операції обробляється зовнішній діаметр деталі, яка використовується в подальшому в якості базової поверхні. На другій операції обробляються ексцентрично розміщені отвори або виступи. При цьому деталь встановлюється по оброблюючому зовнішньому діаметрі в чотирикулачковому патроні, в ексцентричній цанзі, на планшайбі з ексцентрично розміщеним пристроєм та ін., якщо обробка ведеться на верстатах токарного типу, або в спеціальних кондукторах при обробці на свердлильних верстатах. В останньому випадку при необхідності обробки ексцентричних виступів застосовується спеціальні різцеві державки, які обертаються.

2. При неможливості обробки зовнішнього діаметра деталей на першій операції (наприклад, при виготовленні з індивідуальних заготовок ексцентричних дисків, які мають незначну висоту), технологічний процес обробки деталей може бути побудований по другій схемі. У цьому випадку на першій операції в деталі, яка встановлена по чорновому зовнішньому діаметрі в чотирикулачковому патроні в спеціальному токарному пристрої або в спеціальному кондукторі, обробляється отвір. Потім деталь встановлюється отвором на ексцентричну оправку або на ексцентрично розміщений штир спеціального пристосування, і при такому способі базування обробляється її зовнішній діаметр.

Обробка за декілька установів найбільш складних деталей класу «ексцентричні деталі» – кривошипів і колінчатих валів, не дивлячись на її багатоопераційність, будується на тих же принципах, що і обробка більш простих деталей цього класу: кожна група поверхонь обертання кривошипів і колінчатих валів, яка має свою вісь обертання, обробляється з окремою установкою. При цьому найбільш часто застосовуються наступні схеми базування деталей.

1. Заготовки поставляють зі стількома парами центрових отворів, скільки вона має груп поверхонь обертання, і кожна така група поверхонь – корінні і шатунні шийки кривошипів і колінчатих валів – обробляється при встановленні деталі на відповідній парі центрових отворів. Для полегшення розсвердлювання

центрових отворів на щоках кривошипів і колінчатих валів передбачаються спеціальні приливи–бобишки.

2. Обробка корінних шийок, як і в попередньому випадку, ведеться від центрових отворів. Для обробки шатунних щік деталь встановлюють обробленими корінними шийками в призмі приспосіблення, вісь якої змішана відносно осі шпинделя на величину заданого радіуса кривошипа, а для надання деталі визначеного кутового положення в площині, перпендикулярній осі шпинделя верстата, вона притикається лисками на щоках до упора пристосування. У результаті такої установки осі шатунних шийок, суміщаються з віссю обертання шпинделя верстата.

При обробці шатунних шийок колін валів заготовка може встановлюватися центровими отворами корінних шийок в пристосуванні зі зміщеннями на величину радіуса кривошипа від осі шпинделя верстата центрами; планки, які базуються на щоках деталі, можуть замінятися отворами під фіксатором та ін.

Метод обробки ексцентричних деталей за декілька установів, які застосовують в умовах любого типу виробництва, характерний головним чином для одиничного і дрібносерійного виробництва. У великосерійному і масовому виробництвах з метою підвищення продуктивності намагаються, де тільки це можливо, замінити метод обробки в декількох установах повністю або частково методом обробки в один установ.

Обробка ексцентричних деталей за один установ може бути здійснена в двох варіантах: обробка на деяких позиціях і обробка на одній позиції.

Обробка за один установ на деяких позиціях виконується в багатопозиційних пристосуваннях або на багатопозиційних верстатах. Наприклад, багатопозиційне пристосування такого роду може служити для токарної обробки в одну установку ексцентричних втулок або ексцентриків–дисків, які мають два або декілька фіксованих положень на планшайбі токарного верстата і які переводять з одного положення в іншу при переході від обробки одної поверхні до обробки іншої ексцентричної. Багатопозиційні верстати для обробки ексцентричних деталей будуються на принципі послідовної обробки різних поверхонь деталі на декількох позиціях і забезпечують більш високу продуктивність, ніж застосування багатопозиційних пристроїв.

Обробка ексцентричних деталей за один установ на одній позиції здійснюється двома шляхами. Перший шлях, відносно рідко застосовується при виготовленні деталей цього класу – обробка на багатошпиндельних верстатах, на яких деталь встановлюється нерухомо, і обробка всіх груп поверхонь обертання деталі, які мають свої осі обертання, ведеться одночасно. При цьому, для обробки кожної такої групи поверхонь на верстаті передбачається окремий шпиндель і обробка виконується інструментом, який обертається навколо осі оброблюючих поверхонь.

Другий шлях обробки ексцентричних деталей за один установ на одній позиції використовується при виготовленні кривошипів і колінчатих валів із застосуванням спеціальних верстатів з копірувальними пристроями, які

забезпечують безперервне спрямування різальної кромки інструмента за обробляючою поверхнею, вісь якої не співпадає з віссю обертання шпинделя верстата. Застосування такого принципу обробки ексцентричних деталей дозволяє в послідовному режимі обробляти всі корінні і шатунні шийки колінчатих валів. Цей принцип обробки застосовується і при окремих операціях виготовлення колінчатих валів, наприклад, при одночасній суперфінішній обробці всіх шатунних шийок вала. Цей же принцип широко використовується при виготовленні деталей з фасонним поперечним січенням, наприклад, кулачкових валів.

В автомобілебудуванні розповсюдження отримав метод виготовлення ексцентричних деталей типу кривошипів і колінчатих валів з прокату. У цьому випадку всі необхідні поверхні обертання обробляються звичайними методами, які застосовуються при виготовленні деталей класу «вали» в спеціальних пристосуваннях, а в деяких випадках навіть на спеціально спроектованих верстатах. Деталь вигинається з отриманням ексцентриситету шийки з таким розрахунком, щоб після згинання вона не потребувала ніякої допоміжної механічної обробки. Гнучкість обробляючих деталей ведеться з місцевим нагрівом згинаючих частин, при чому застосовується спеціальні міри застереження від нагрівання обробляючих шийок деталі, щоб уникнути появу на них окалини, втрати заданих механічних властивостей та ін.

Контроль якості готових деталей класу «ексцентричні деталі» ведеться тим же методом і з застосуванням тих же засобів контролю, що і при контролі деталей класів «вали», «втулки», «диски». При цьому значне місце в перевірці якості ексцентричних деталей займає контроль взаємного розміщення ексцентричних груп поверхонь обертання, яке характеризується відстанню між їх осями – ексцентриситетом (для деталей типу кривошипів і колінчатих валів – радіусом кривошипа), паралельності цих осей і їх кутових положень. Усі ці параметри в умовах одиничного і дрібносерійного виробництв контролюються універсальними способами, в умовах масового і великосерійного виробництва – за допомогою спеціальних калібрів і контрольних пристосувань.

5.10. Розточування отворів і кільцевих канавок

Розточування отворів, кільцевих канавок під опорні кільця та манжетні ущільнення при їх виготовленні та відновленні в корпусних деталях відноситься до складних технологічних операцій в плані точності, шорсткості та продуктивності праці, особливо при виготовленні в деталях великих габаритів і маси.

Одним з важливих параметрів при радіальному фрезеруванні є глибина різання t, яка визначається як шар металу, що відповідає дузі різання l, рис. 5.63. Це величина змінна і визначається як віддаль між двома послідовними положеннями траєкторії руху точки леза фрези та в залежності від центрального кута контакту ψ, від величини якого та глибини врізання фрези при переміщенні її від $R_{отв}$ до $R_к$ залежить число зубів z, які приймають

участь у фрезеруванні за залежністю:

$$z = \psi / \theta ,$$

де θ – величина центрального кута між зубами фрези.

У свою чергу величина центрального кута при радіальному переміщенні різального інструменту взаємопов'язана з розмірами інструменту, глибиною різання і визначається за залежністю:

$$\psi = 2 \arcsin\ t / 2R_{\phi} ,$$

Важливим параметром при радіальному фрезеруванні є також товщина зрізу. Це величина змінна в залежності від конфігурації леза і визначається як віддаль між двома послідовними положеннями траєкторії руху точки леза фрези при врізанні.

Фактично максимальне значення $a_{\max}$ товщини зрізу має місце після певного переміщення інструменту з величиною подачі S_z, тобто $a_{\max} = S_z \cdot \sin\ \varphi$ (рис. 5.63).

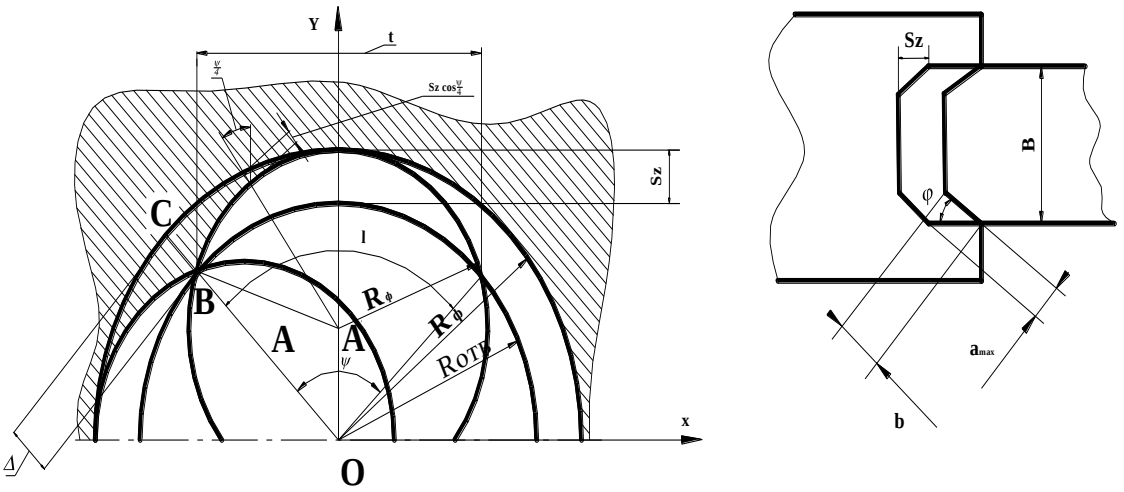


Рисунок 5.63 − Розрахункова схема для визначення величини огранювання

У свою чергу величина кута φ залежить від конструктивних особливостей впадин оброблюваних поверхонь по радіусу канавки $R_к$, розмірів посадочних місць під стопорні кільця або манжетні ущільнення і може змінюватись в межах до 90^0; в такому випадку ширина зрізу b рівна ширині фрезерування B.

Враховуючи рекомендації, середня товщина зрізу наближено відповідає 1/4 центрального кута контакту. Тоді сумарна площа зрізу F, яка знімається зубами фрези, що приймають участь в обробці, знаходиться по середній товщині зрізу за формулою:

$$F = \left[2b \cdot S_z \cdot \sin\ \varphi \cdot \cos\psi / 4 \cdot \arcsin\ t / 2R_{\phi}\right] / \theta .$$

При виготовленні кільцевих канавок в корпусних деталях по чотирьох координатних точках дискова фреза вводиться в отвір і послідовно подається по координатах x та y в чотирьох взаємоперпендикулярних напрямках на величину глибини оброблюваної поверхні з врахуванням верхнього допустимого відхилення по радіусу канавки. При такому фрезеруванні виникає огранювання, що призводить до спотворювання внутрішньої поверхні канавки. В зв'язку з цим, для підвищення точності виконання внутрішнього розміру необхідно збільшити кількість зон контакту інструменту з оброблюваною поверхнею. Спочатку проводиться фрезерування, як і в попередньому випадку, по чотирьох зонах, після чого решту чотири координатні зони (рис. 5.63) відповідно зміщують відносно попередніх на величину кута в 45^0. Тоді величина огранювання визначається за наступною залежністю:

$$\Delta = R_к - \sqrt{R_ф^2 - \left(R_к - R_ф\right)^2 \cdot \sin^2 \psi} + \left(R_к - R_ф\right) \cdot \cos \psi \,.$$

Огранювання відіграє позитивну роль при мінімальній кількості зон обробки, коли будуть використовуватись профільні стопорні кільця або манжетні ущільнення.

Для розрахунку режимів різання при розточування внутрішніх циліндричних кана–вок за допомогою дворізцевої розточної головки приведена схема рис. 5.64.

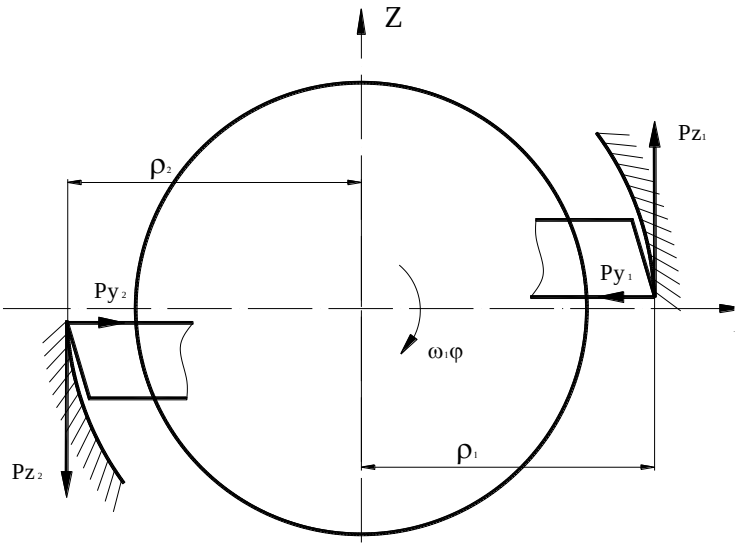


Рисунок 5.64 − Розрахункова схема розточної головки

Враховуючи початкове встановлення різального інструменту та неоднорідність оброблювального матеріалу, на кожний різець діє перемінна сила, яка приводить до зміщення різальної головки, а значить до зміни геометрії оброблювальної поверхні. На кожен різець діє сила різання P_Z по дотичній до поверхні різання та сила різання P_y у напрямку до центра обертання головки. Внаслідок недоліків установки та заточування різальних кромок значення цих сил для кожного різця будуть інші. Можна вважати, що величини цих сил пропорційні радіальній подачі кожного різця і визначається залежностями:

$$P_{Z1} = C_{p_{z1}} \cdot t^{x_{pz1}} \cdot s_1^{\,y_{pz1}} \cdot V^n; \qquad P_{Z2} = C_{p_{z2}} \cdot t^{x_{pz2}} \cdot s_2^{\,y_{pz2}} \cdot V^n;$$
$$P_{y1} = C_{p_{y1}} \cdot t^{x_{py1}} \cdot s_1^{\,y_{py1}} \cdot V^n; \qquad P_{y2} = C_{p_{y2}} \cdot t^{x_{py2}} \cdot s_2^{\,y_{py2}} \cdot V^n.$$

де s_1 та s_2 – радіальні подачі першого та другого різців; $C_{p_{z1}}$, $C_{p_{z2}}$, $C_{p_{y1}}$, $C_{p_{y2}}$ – постійні коефіцієнти при різанні; t; V – глибина та швидкість різання.

5.11. Виготовлення порожнистих деталей методом токарно-давильної обробки

Завдяки створенню нової технології, сучасних верстатів, оснащенню і інструменту, автоматизована токарно–давильна обробка значно доповнила і розширила сучасні методи виготовлення порожнистих деталей. Обробляти деталі на токарно–давильних верстатах можна пластичною деформацією і різанням при високій концентрації операцій на одному робочому місці. Вже завдяки цьому процеси мають технологічні переваги перед штампуванням на пресах та іншими методами виготовлення порожнистих деталей.

На автоматизованих токарно–давильних верстатах (АТДС) можна виконувати більше 25 операцій при обробці деталей з листових, штампованих, зварних і комбінованих заготовок. На АТДС можлива обробка дрібних і крупних виробів простої і складної форми з м'яких і високоміцних важко оброблюваних пластичних матеріалів, для виготовлення яких потрібно унікальні преси або спеціальні види штампування. Часто токарно–давильна обробка є єдиним способом виготовлення складних деталей, що мають форму тіл обертання.

Формоутворення оболонок на верстатах характеризується обертовим рухом заготовки і складними поворотними поступальними рухами давильного інструменту. Поєднання обертання заготовки і складних поворотних поступальних рухів давильного інструменту дозволяють одержувати найрізноманітніші конфігурації деталей. При видавлюванні оболонок на верстатах деформуюче навантаження прикладається на обмеженій ділянці (локалізований).

Давильний інструмент в місці контакту викликає локалізовану пластичну деформацію, безперервне переміщення якої внаслідок обертання заготовки і переміщення інструменту, приводить до необоротної зміни форми.

Деформація заготовки на обмеженій ділянці пояснюються порівняно невеликими зусиллями, необхідні для видавлювання виробів. Величина зусилля, необхідного для деформації, залежить головним чином від механічних властивостей і товщини матеріалу заготовки, геометричних параметрів інструменту та інших чинників. При цьому геометричні параметри інструменту і сили видавлювання повинні строго відповідати розрахунковим даним, оскільки інакше відбувається втрата стійкості процесу, надмірним стоншуванням або розривом заготовки.

Основними перевагами автоматизованої токарно–давильної обробки в порівнянні з штампуванням на пресах є: універсальність і широкі технологічні можливості процесу; простота і низька вартість оснащення та інструменту; можливість обробки різанням і пластичною деформацією; висока концентрація операцій і можливість остаточного виготовлення складних виробів на одному робочому місці; різке скорочення циклу обробки; можливість виготовлення деталей складної форми, яку важко або неможливо виготовити штампуванням і різанням; універсальність устаткування та інструменту; можливість

регулювання ступеня точності за рахунок настройки устаткування й отримання деталей із заданою змінною товщиною стінки; можливість комбінованої обробки порожнистих деталей штампуванням на пресах, зваркою, різанням і видавлюванням роликами; висока економічна ефективність при виготовленні деталей малими партіями і малі терміни підготовки виробництва.

Деталі, видавлені на автоматизованих верстатах, повністю відповідають вимогам, що пред'являються до штампованих виробів, і можуть бути використані у відповідальних конструкціях.

Вартість давильного оснащення складає 5–10% вартості інструментальних штампів. Вага давильного оснащення, в порівнянні з вагою штампів, складає 15–20%. Терміни підготовки виробництва скорочуються в 10–15 разів і більше. Час переналагодження верстата на виготовлення нової деталі 15–20 хв.

Автоматизована токарно–давильна обробка у багатьох випадках вигідніша штампування на пресах при виготовленні деталей в кількості до 5–6 тис. штук в рік.

Для давильних робіт широко використовують для глибокого видавлювання заготовки зі сплавів 1Х18Н9Т, латунь Л62, мідь М2, сплав алюмінію АД1. Режими при видавлюванні складають: величина подачі 0,1–0,8 мм/об, швидкість 100…500 м/хв., питомий тиск 250…300 кГс/мм^2.

Ротаційне витягування

Ротаційне витягування полягає у формозмінюванні плоских чи порожнистих обертових заготованок за допомогою оправки та рухомого навантаження, наприклад витягу–вального ролика (рис. 5.65). Ротаційним витягуванням виготовляють порожнисті заготовнки зі сталою та змінною товщиною стінки, різні за формою та розмірами. Діаметр і довжина заготованок можуть становити 5 м, а товщина стінки – 40 мм. Ротаційне витягування застосовують як для обробки пластичних матеріалів, так і для важкодеформівних і навіть тугоплавких металів в одиничному та дрібносерійному виробництвах. Основним устаткуванням служать токарні чи спеціальні витискувальні верстати. Ротаційне видавлювання доцільно проводити на універсальних токарних верстатах, оснащених гідрокопірувальними супортами і на гідрокопірувальних напів–автоматах мод. 1722, 1732, МР–27, МР–29 та інших.

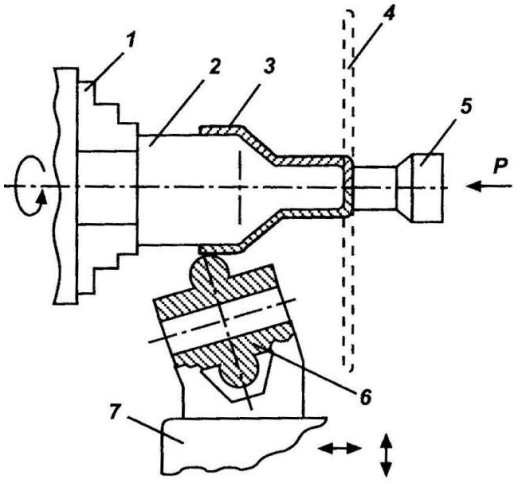


Рисунок 5.65 − Ротаційне витягування заготовки на токарному верстаті:
1 – патрон; 2 – оправка; 3 – гот–ова заготовка; 4 – вихідна заготова; 5 – обертальний притискний центр; 6 – витя–гувальний ролик з держаком; 7 – супорт верстата

Розкатування кільцевих заготовк

Процес розкатування кільцевих заготовок на розкатувальних машинах широко застосовується для виготовлення кованок, що мають форму порожнистих тіл обертання невеликої ширини порівняно з діаметром. Розкатуванням отримують кованки різних перетинів (рис. 5.66), зовнішнім діаметром до 7000 мм і шириною до 1200 мм. Схема машини для розкатування кільцевих кованок зображена на рис. 5.67. В процесі притискання розкатувального 1 та при–тискного 3 валків заготовка 7 тоншає і, відповідно, збільшується в діаметрі. Підпружинені напрямні ролики утри–мують заготовку в робочому стані. В момент, коли діаметр кованки набуде заданого значення, кованка взаємодіє *з* контрольним роликом 4, який за допомогою кінцевого вимикача 5 подає сигнал закінчення процесу розкатування.

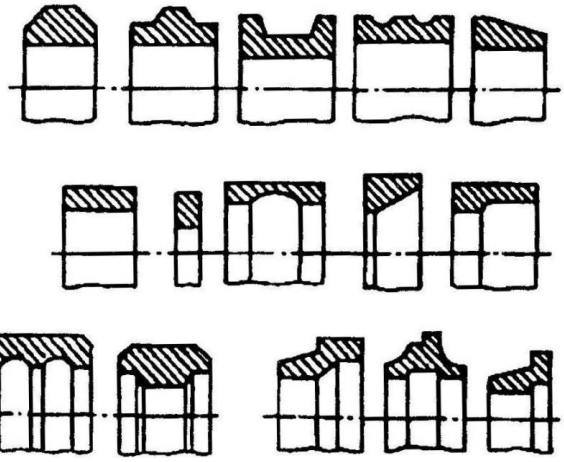


Рисунок 5.66 − Форми перетинів кільцевих заготовок, виготовлених розкатуванням

Форма та розміри перетину кованки залежать від профілю обертового та притискного валків, а також напрямних роликів. За схемами формоутворення застосовують закрите, відкрите та напівзакрите розкатування. Більш поширеним є відкрите розкатування Закрите розкатування застосовують здебільшого для виготовлення кованок невеликих розмірів і мас. Закритим розкатуванням формують кованки діаметром до 150 мм і масою до 1 кг. Продуктивність розкатувальних машин складає 75–500 кованок за годину. Вихідними заготовками для розкатування можуть бути кованки, що виготовлені на молотах, КГШП, ГКМ та інших пресах.

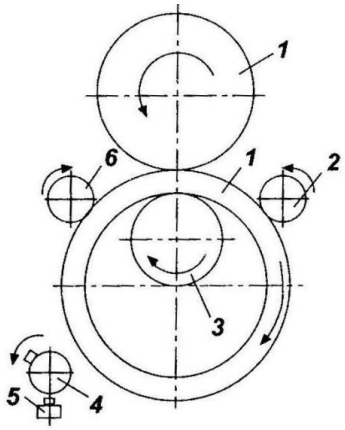


Рисунок 5.67 – Схема розкату–вання кільцевих заготовок: 1 – розкатувальний валок; 2, 6 – напрямні ролики; 3 – притискний валок; 4 – контрольний ролик; 5 – кінцевий вимикач; 7 – заготовка

Розміри вихідної заготовки для розкатування визначаються співвідношенням:

$$K_p = \frac{D_{в.з.} - d_{в.з.}}{D_к - d_к},$$

де $D_{в.з.}$ і $D_к$ – діаметри зовнішніх поверхонь відповідно вихідної заготовки та кованки, м; $d_{в.з.}$ і $d_к$ – діаметри внутрішніх поверхонь відповідно вихідної заготовки та кованки, м.

Значення коефіцієнта K_p для кованок з діаметром зовнішньої поверхні меншим ніж 100 мм не повинно перевищувати 1,5; для інших кованок – 1,7.

Діаметр внутрішньої поверхні вихідної заготовки визначається так:

$$d_{в.з.} = \frac{d_к}{K_p}.$$

Діаметр зовнішньої поверхні визначають виходячи з рівності об'ємів кованки та вихідної заготовки з урахуванням вигоряння металу.

Перевагами ТП розкатування кованок є висока точність їх форми та розмірів, якість поверхонь і добрі механічні властивості поверхневих шарів, малі зусилля деформування, придатність до механізації та автоматизації виробничих процесів, особливо для застосування у гнучких виробничих системах.

Уникаючи утворення гофрів чи нерівностей, сталеві кованки розкатують після нагрівання в індукційних та безкисневих печах при температурі, що не перевищує 1050°С. Шорсткість поверхонь після розкатування 0,8–2,5 за параметром R_a.

Накатування спеціальних поверхонь

ТП накатування застосовують для виготовлення зубчастих коліс, зірок, шліцевих валів, деталей з різями тощо. Накатування здійснюють як кінцеву операцію виготовлення деталей невисокої точності та як заготівельну операцію перед чистовою обробкою. Накатування дає змогу зміцнювати поверхневі шари, економити матеріали, знижувати трудомісткість виготовлення та вартість кованок, підвищувати продуктивність праці тощо.

Нагрівання заготованок для накатування роблять тільки місцеве, тому для цього здебільшого застосовують устаткування зі струмами високої частоти.

Розміри вихідних заготованок залежать від умови зберігання обсягів металу, що переміщується із западин у виступи кованки.

Накатування поверхонь вихідних заготованок виконують як у гарячому, так і в холодному стані.

Холодне накатування економічніше, після нього звичайно зникає необхідність обробки різанням, термічної та хімічної обробки. Накатані поверхні більш міцні, зносостійкі тощо.

Визначення розмірів вихідних заготовок, накатувальних валків, режимів накатування, належних зусиль і крутильних моментів наведено у спеціальній літературі.

Накатувальні стани здійснюють накатування поверхонь зубчастих коліс, зірочок і шліцевих валів з модулями до 15 мм і діаметром до 1000 мм для гарячого та з модулем до 3 мм і діаметром до 6000 мм для холодного накатування.

Процес накатування відбувається за допомогою накатувальних валків циліндричної форми та плоских інструментів. Останні здебільшого застосовують для накатування порівняно дрібних профілів.

5.12. Викінчувальні види обробки

До оздоблювальних видів обробки відносяться: тонке (алмазне) точіння і розточування, тонке фрезерування, тонке шліфування, притирання, хонінгування, суперфініш, полірування.

Тонке (алмазне) точіння і розточування

Така обробка використовується для зняття стружки малого діаметру (0,01–0,02 мм^2) зі швидкостями різання до 400–1000 м/хв. при точінні алмазним різцем і 150–600 м/хв. при точінні твердосплавним різцем. Подачі на один оберт виробу при цьому призначаються від 0,02 до 0,08 мм/про для алмазних різців і від 0,03 до 0,1 мм/про для твердосплавних різців. Точність одержуваних розмірів при обробці сталевих і чавунних деталей досягає 7 квалітету, а для кольорових металів і сплавів – 6 квалітету. Похибка форми (овальність, конусність) не перевищує 1/2 допуску. Чистота поверхонь при тонкому точінні і розточуванні сталевих і чавунних деталей досягає R_a = 0,63–0,32 мкм, кольорових металів при обробці алмазним різцем – R_a = 0,16–0,08 мкм. Тонке точіння і розточування дозволяє досягти високої точності відносного положення взаємозалежних поверхонь. Припуски для тонкого точіння і розточування складають від 0,2 до 0,5 мм відповідно для діаметрів від 25 до 125 мм. Припуск знімається за один прохід. Якщо попередня обробка була недостатньо точною, припуск знімається в два проходи; при цьому на першому проході віддаляється не менш 2/3 загального припуску.

Тонке фрезерування

Тонке фрезерування плоских поверхонь звичайно здійснюється торцевими фрезами, оснащеними твердим сплавом, при подачах на зуб від 0,05 до 0,20 мм і швидкостях від 110 до 240 м/хв. при обробці сталей, подачі від 0,05 до 0,40 мм/зуб і швидкостях від 90 до 180 м/хв. при обробці чавуну і подачах від 0,05 до 0,25 мм/зуб і швидкостях 1500–5000 м/хв. при обробці алюмінієвих сплавів і бронзи. Точність розмірів, одержувана при тонкому фрезеруванні, відповідає 7-му квалітету; площинність – до 0,03 мм на 1000 мм довжини; чистота поверхні – до R_a = 0,63 мкм при обробці сталі і чавуну; і до R_a = 0,32 мкм при обробці алюмінієвих сплавів і бронзи. Для тонкого фрезерування застосовуються торцеві фрези з числом зубів не більш шести. Зуби торцевих фрез оснащуються пластинками твердих сплавів Т15ДО6 для обробки сталі, ВК8 – для чавуну, Т15ДО6 або ВК8 – для алюмінієвих сплавів.

Для покращення чистоти оброблюваної поверхні вісь шпинделя верстата нахиляють на 20–30˚ і для більш плавної роботи інструмента на шпиндель установлюють маховик, а також застосовують масивні корпуси фрез. Охолодження зазвичай не застосовується. Для кращого видалення стружки доцільно застосовувати обдування стисненим повітрям. Припуск для тонкого фрезерування складає 0,5–1 мм. Для тонкого фрезерування використовуються могутні швидкохідні вертикально-фрезерні верстати.

Тонке шліфування

Тонким шліфуванням досягається точність не нижче 6–го квалітету, точність форми (овальність, конусність) – у межах 2–5 мк, чистота поверхні при обробці загартованих сталей R_a = 0,32–0,02 мкм за ГОСТ 2789–73. При обробці м'яких сталей, чавуну і кольорових металів тонким шліфуванням гарні результати не виходять.

Процес тонкого шліфування є малопродуктивним і застосовується лише у випадках, коли не можна чи важко використовувати інші методи обробки поверхні (наприклад, при обробці довгих східчастих валів). Тонке шліфування ведеться при глибині 0,005–0,02 мм на один прохід, при швидкості деталі, що шліфується, 6–10 м/хв. і граничній подачі 0,2–0,3 ширини шліфувального круга; при цьому швидкість круга береться максимально припустимою. Після декількох проходів з поперечною подачею здійснюється від 4 до 10 проходів без поперечної подачі (виходжування) до зникнення іскри.

При тонкому шліфуванні застосовують круги з зернистістю 10–16 і твердістю від М3 до СМ2. Припуск на тонке шліфування приймають рівним 0,02–0,06 мм. Тонке шліфування можливе і кругами середньої зернистості № 25–40, твердості СМ1–З1, але за умови дуже ретельного виправлення круга.

При тонкому шліфуванні обов'язковими умовами є: 1) ретельне балансування круга; 2) нормальний стан ремінного привода до шпинделя шліфувального круга, що забезпечує плавність обертання шпинделя; 3) ретельна фільтрація охолодної рідини; 4) попередня обробка деталі з чистотою поверхні не нижче R_a = 1,25 мкм.

Притирання

Процес притирання полягає в знятті найтонших часток металу з оброблюваної поверхні за допомогою дрібнозернистих порошків у середовищі змащення, нанесеної на тверду поверхню інструмента. Притирання застосовується для досягнення 6–го квалітету точності й вище, і для отримання найвищої чистоти поверхні – до R_a = 0,01 мкм. Застосування притирання для отримання тільки високої чистоти поверхні (без високої точності) не економічно. Існують два види притирання: 1) що зійснюється шарошуючим абразивом по поверхні притирання; 2) нешарошуючим абразивом. Притирання шарошуючим абразивом найбільш поширені і здійснюється такими методами: а) вільним подаванням до зони притирання абразиву в суміші з рідкими мастилами; б) попередньо шарошуваним у притиранні абразивом з більш в'язким змащенням. Шарошування здійснюється за допомогою сталевих розжарених циліндричних стержнів, що прокочуються по поверхні притира з нанесеним на нього абразивом. Матеріал притира повинен бути м'якшим матеріалу що притирається, щоб у ньому краще утримувався шарошуючий абразив. Для сталевих виробів застосовуються наступні абразиви (мікропорошки): електрокорунд білий, електрокорунд нормальний, природний корунд (наждак); для притирання твердих сплавів – карбід бора і карбід зелений. Вироби з кольорових металів і сплавів притираються нешарошуючими абразивами. Зернистість абразиву для грубого притирки вибирається з

величиною зерна від 28 до 63 мк, для попередньої притирки 10–28 мк і для остаточної 3,5–10 мк. Притири виготовляються із сірого чавуна перлітової структури з твердістю *НВ* 180–200. Особливо тонкі притирки здійснюється притирами з латуні або червоної міді. При вільній подачі абразиву в якості змащувального середовища служить гас, а при особливо тонкому притиранні – бензин; у випадку попереднього шарошування притирань – гас, машинна олія. Добавкою в керосин стеаринової кислоти досягається прискорення процесу.

Притирання нешарошуючим абразивом застосовуються при обробці сталевих виробів з метою досягнення високої чистоти поверхні і дзеркального блиску, а також при обробці виробів з кольорових металів і сплавів. Притирки цього виду виготовляються м'якими абразивними матеріалами, притир має твердість більшу, ніж твердість поверхні виробу, що притирається. При цьому як абразиви застосовуються окис хрому, крокус (окис заліза). Мастильними матеріалами є гас, машинна олія, а для мідних сплавів – суміш свинячого сала з машинною олією. Широко поширені в промисловості готові суміші абразиву зі змащенням – пасти ДОІ (Державного оптичного інституту).

Притирання здійснюється ручним, машинно–ручним чи машинним способом. Ручне притирання застосовується головним чином при виготовленні інструментів за допомогою притирочних плит – чавунних для попередньої притирки і сталевих для остаточної. Машинно–ручні притирки здійснюються з застосуванням найпростіших верстатів для обертання чи притирки виробу. Всі інші операції робляться вручну. Швидкість притирання складає 10–30 м/хв. Машинне притирання здійснюється на спеціальних верстатах, що здійснює всі необхідні рухи. Процес притирання здійснюється зі швидкістю 100–120 м/хв. При машинному притиранні чистота поверхні досягається 11-го класу; при цьому продуктивність у порівнянні з ручним притиранням зростає в 4–5 разів.

Хонінгування

Хонінгування – це оздоблювальна обробка циліндричних поверхонь дрібнозернистими абразивними брусками, що мають відносний обертальний і поступальний рух разом з хоном, на якому вони закріплені (рис. 5.68). Шар металу, що знімається, за один хід бруска складає 0,3–0,5 мк; при цьому досягається точність 6 квалітету і чистота поверхні до R_a = 0,08 мкм.

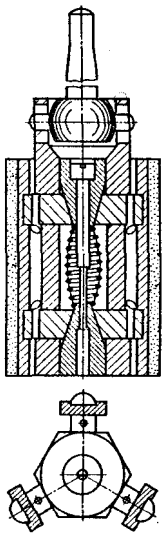


Рисунок 5.68– Хонінгувльна головка

Хонінгуванню піддають головним чином наскрізні циліндричні отвори в сталевих і чавунних деталей діаметром від 25 до 500 мм і більше. Хонінгування зовнішніх циліндричних поверхонь широкого поширення не отримало. Обробка хонінгуванням кольорових металів застосовується мало, тому що абразивні бруски в цьому випадку швидко засалюються. На хоні установлюють від 3 до 12 брусків і більше, в залежності від діаметра отвору. Як абразив брусків застосовують карборунд зелений (марки КЗ) – для обробки чавуну і електрокорунд білий (марки ЕБ) для обробки сталі. Зернистість брусків для попереднього хонінгування приймають № 5–6 для

остаточного хонінгування № М20–М28. Твердість брусків для попереднього хонінгування вибирають від СМ2 до М1 і для остаточного хонінгування – від З2 до СТ2. Зв'язка брусків застосовується частіше керамічна і рідше бакелітова. Хонінгувальні бруски з'єднують з колодками хонінгувальної головки шляхом склеювання ацетоно-целулоїдним клеєм (ацетону 20%, целулоїду 80%). Після приклеювання брусків їх шліфують до отримання необхідного діаметра хонінгувальної головки. З появою синтетичних алмазних абразивних матеріалів одержує усе більше поширення хонінгування брусками із синтетичних матеріалів. При цьому досягається підвищення точності обробки на 1–2 квалітети, чистоти поверхні обробки на 2–3 класи і підвищення стійкості хонінгувальних брусків у 100 разів і більше.

У процесі хонінгування здійснюється рясна подача гасу для охолодження та змащення, і для видалення часток абразиву й металу. Іноді застосовується суміш гасу з 20% машинної масла. У процесі хонінгування важливо забезпечити ретельне фільтрування охолодної рідини, щоб виключити можливість задиру оброблюваної поверхні частками відпрацьованого чи абразиву металу. Після хонінгування виріб необхідно промити для видалення часток абразиву і металу.

Припуски під хонінгування отворів складають від 0,02 до 0,2 мм на діаметр для чавуна і від 0,01 до 0,07 мм на діаметр для сталі, відповідно для діаметрів від 25 до 500 мм. Колова швидкість руху хона складає: для чавуну – 60–75 м/хв., для сталі сирої – 45–60 м/хв., і для сталі загартованої – 20–35 м/хв. Швидкість зворотно–поступального руху хона для тих же металів відповідно складає: для чавуну – 15–20 м/хв., для сирої сталі – 10–12 м/хв., і для загартованої сталі – 5–10 м/хв.

Хонінгувальні верстати бувають двох типів: вертикальні і горизонтальні. При горизонтальному розташуванні хонінгувальної головки необхідно обертати деталь, щоб вага хонінгувальної головки не робила однобічного тиску на деталь і тим самим не сприяв утворенню еліпса.

Суперфінішування

Суперфінішування застосовується головним чином для обробки зовнішніх поверхонь (рис. 5.69) дрібнозернистими абразивними брусками, що роблять зворотно-поступальні коливальні рухи. Абразивні бруски притискаються до обробленої поверхні з зусиллям до 0,5 кгс/см^2. Суперфінішування застосовується для отримання високої чистоти поверхні – R_a = 0,04–0,01 мкм. Шар, що знімається при суперфінішуванні (5–7 мк), настільки малий, що припуск на суперфінішування не задається, а виріб залишається в межах допуску попередньої операції (шліфування чи тонке точіння).

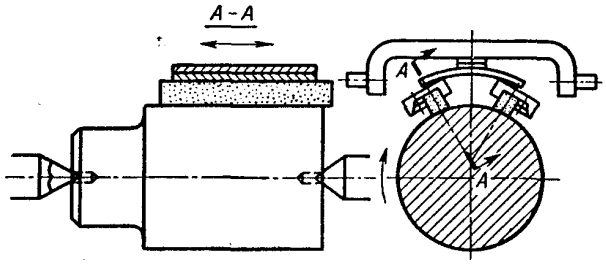


Рисунок 5.69 − Схема обробки зовнішньої поверхні

Бруски для суперфінішування застосовуються з керамічними зв'язками із твердістю М1–М3 для обробки загартованої сталі і М3–СМ2 – для обробки незагартованої сталі. Охолодження застосовується гасом з додаванням 10% машинної масла. Тривалість обробки деталі діаметром 100 мм при довжині брусків 100 мм складає 10–30 с. Збільшення тривалості обробки ефекту не дає, тому що бруски покриваються масляною плівкою, яка перешкоджає подальшому зніманню металу. В процесі суперфінішування бруски роблять подовжні коливальні рухи з частотою 450–1000 коливань у хвилину, з амплітудою 3–5 мм; швидкість обертання виробу складає 15–30 м/хв.

Суперфінішування роблять на звичайних токарних верстатах, а з використанням відповідної конструкції чи головок на спеціальних верстатах.

Полірування

У процесі полірування відбувається згладжування поверхневих нерівностей, а знімання металу (зрізання) або не відбувається зовсім, або він дуже малий і поширюється тільки на поверхневі нерівності. Полірована поверхня має дзеркальний блиск. Застосовується полірування для декоративних цілей, для зменшення коефіцієнта тертя, підвищення корозійної стійкості, підвищення втомної міцності, а також для підготовки поверхні до гальванопокриття. Полірування здійснюється за допомогою м'яких кіл. Циліндричну поверхню їх покривають абразивним порошком і змащенням. Для грубого полірування застосовуються повстяні і матер'яні кола з парусини, для тонкого полірування – фетрові і матер'яні кола з бавовняної тканини, а для збереження гострих крайок деталей – шкіряні кола. Полірування плоских виробів здійснюється нескінченними шкіряними стрічками, натягнутими на двох шківах.

Для полірування сталі застосовуються наждакові і електрокорундові мікропорошки зернистістю М28 і дрібніше, для кольорових металів і сплавів – окис хрому, а для особливо тонкого полірування – крокус і віденське вапно. Змащення, що наносяться на круги, повинні бути досить густими, щоб вони добре утримувалися при швидкому обертанні круга (20–35 м/с). Як змащення застосовують тавот у суміші з парафіном і воском. Від тиску, з яким виріб притискається до круга, залежить чистота і швидкість полірування: чим більший тиск, тим гірша чистота поверхні і сильніше нагрівається виріб.

Ручне полірування здійснюється на найпростіших верстатах: у масовому виробництві застосовуються спеціальні верстати для полірування з механічною подачею виробу.

Різновидом полірування є рідинне полірування, назване іноді гідрохонінгом або рідинним хонінгуванням. Процес рідинного полірування полягає в тому, що суміш абразиву і масла чи емульсії під тиском струменя повітря (6 ат) через відповідне сопло направляється на оброблювану поверхню. Рідинне полірування дозволяє обробляти поверхні будь-якої складності – опуклі чи увігнуті, котрі важко обробляти кругами. Таке полірування виконується на спеціальних устаткуваннях.

5.13. Технологія обробки на верстатах з програмним керуванням

5.13.1. Загальні відомості про верстати з програмним керуванням

Верстати з програмним керуванням (ПК) – це напівавтомати чи автомати, всі рухомі органи яких здійснюють робочі та допоміжні рухи заздалегідь зазначеною програмою.

На відміну від напівавтоматів та автоматів із жорсткими кінематичними зв'язками, на верстатах з ПК не треба складних і дорогих кулачків, копірів і упорів, що значно спрощує й здешевлює налагодження і робить їх рентабельними при обробці невеликих партій деталей.

Гнучкість і легкість включення в різні системи від єдиної ЕОМ робить їх використання доцільним у складі автоматичної лінії. Це особливо важливо, коли навіть в усталеному масовому виробництві оновлення й зміна продукції, що випускається, відбувається досить часто.

Основними перевагами верстатів із числовим програмним керуванням є: зменшення обсягу розмічувальних робіт; швидке переналагодження при переході від однієї деталі до іншої (зміна пристрою, інструмента й програми); підвищення продуктивності праці за рахунок основного й допоміжного часу, оскільки весь цикл обробки автоматизований; підвищення точності обробки, що в багатьох випадках зменшує трудомісткість обробки на наступних операціях; зниження браку через утомлюваність робітника; невисокі вимоги до кваліфікації робітників – операторів, оскільки всі функції керування верстатом бере на себе технолог, який розробляє програму; можливість багатоверстатного обслуговування (обслуговування одним оператором 2–3 верстатів); зниження витрат на пристрої, контрольно-вимірювальні прилади та інструменти (відпадає потреба в шаблонах, копірах, габаритах, кондукторах); зменшення кількості верстатів, підйомно-транспортних механізмів і пристроїв; скорочення виробничих площ; покращення умов праці робітника.

На верстатах з ПК забезпечується підвищення продуктивності праці під час виконання токарних робіт – в 1,2–2,5 рази, фрезерних – в 1,8–2,5 і свердлильно-розточувальних – в 1,3–2,7 рази.

Недоліками верстатів з ПК є: висока вартість, що в 1,5–10 разів перевищує вартість звичайних верстатів; недостатня надійність системи ПК (верстати з жорсткими кінематичними зв'язками надійніші); спеціальна підготовка технологів; необхідність високої кваліфікації робітників – ремонтників.

Високу вартість верстатів з ПК можна пояснити наявністю в них системи з ПК та додаткових пристроїв, до яких відносяться: автоматизація вимірювання координат місцезнаходження рухомого органу верстата (точність до 0,5 і навіть до 0,2 мкм); автоматизація керування приводом подачі; автоматизація закріплення й розкріплення деталі; автоматизація зміни інструмента; автоматизація прибирання стружки; блокування виконання наступних операцій.

Залежно від ступеня автоматизації верстати з ПК поділяються на три групи:

- верстати з автоматичним керуванням процесом виконання операції обробки заготовки;
- верстати з автоматичним керуванням багатьма різними переходами виготовлення деталі (багатоцільові чи обробні центри);
- верстати з автоматизацією керування процесом повної механізації обробки деталі (на базі верстатів, що керуються безпосередньо від ЕОМ).

До особливостей обробки на верстатах з ЧПК можна також віднести: скорочення часу підготовки виробництва на 50–75%; скорочення загального циклу виготовлення виробів на 50–60%; економію засобів на проектування й виготовлення технологічного оснащення на 30–85%; значне зростання складності завдань і трудомісткість проектування технологічного процесу; необхідність повного підходу до переробки робочих креслень на технологічність, вибір інструменту й оснащення, вимоги до заготовки.

5.13.2. Класифікація та індексація верстатів з ПК

У верстатах з ПК застосовується багато різноманітних систем керування. У свою чергу за методом задавання програми вони поділяються на системи циклового й числового програмного керування.

Система циклового програмного керування (ЦПК) дає змогу запрограмувати лише послідовність і швидкість переміщення рухомих органів верстата, що досягається набором комутуючих елементів (штекерів, перемикачів) на панелі керування.

Система числового програмного керування (ЧПК), крім послідовності й швидкості переміщень рухомих органів верстата, дає змогу програмувати й числові значення переміщень без будь-яких комутуючих елементів, що досягається використанням програмоносія у вигляді магнітної чи перфорованої стрічки.

Металорізальні верстати з ЧПК можна також класифікувати за такими ознаками:

У залежності від виду основних операцій обробки верстати з ЧПК поділяють на технологічні групи: токарні; фрезерні; свердлильні; координатно–розточні; свердлильно-, фрезерно-розточувальні; шліфувальні; багатоцільові; для електрообробки; різні.

За принципом керування переміщенням, що визначається системою ЧПК (СЧПК): з позиційною координатною системою програмного керування; з контурною безперервною системою програмного керування.

Позиційну систему ПК застосовують тоді, коли необхідне точне встановлення інструмента чи заготовки в робочу позицію і коли швидкість переміщення рухомих органів верстата і їх траєкторія з точністю обробки не позв’язані. Такі системи застосовують на розточувальних і свердлильних верстатах для забезпечення високої точності суміщення осі шпинделя з віссю оброблюваного отвору; на токарних верстатах для обробки ступінчастих валів із зняттям фасок, точінням канавок і фасонних поверхонь фасонними різцями;

на фрезерних для обробки кількох площин, паралельних координатним площинам, розміщених на різних рівнях.

Контурні системи ЧПК застосовують у верстатах, де потрібне керування рухами двох чи більше робочих органів при безпосередньому зв'язку між ними. Така необхідність виникає при обробці заготовок на токарних і фрезерних верстатах, обмежених криволінійними поверхнями. Контурні системи можуть працювати і в позиційному режимі, однак використання їх малоефективне, оскільки основні робочі органи не функціонують.

За кількістю використання інструменту верстати поділяють на одноінструментальні та багатоінструментальні. Багатоінструментальними слід вважати верстати з числом інструментів до 12. Верстати, які забезпечують особливо високу концентрацію операцій і мають більше 12 інструментів, розміщених у магазинах, відносять до багатоцільових.

Поділ верстатів з ЧПК може проходити й за іншими ознаками.

У відповідності з класифікацією систем програмного керування (СПУ) прийнята схема позначення верстатів. До основного обладнання додають один із індексів: Ц – з цикловим керуванням; Ф1 – з цифровою індексацією положення робочих органів, а також верстати з цифровою індексацією і ручним вводом даних; Ф2 – з позиційною (СПК); Ф3 – з контурною (СПК); Ф4 – з комбінованою СПУ (універсальною системою); Ф4 – багатоцільові верстати із універсальною (змішаною) системою керування; Ф5 – обробні центри з контурною системою керування.

Для відображення конструктивних особливостей, пов'язаних із способом заміни інструменту, введено додаткові позначення: Р – заміна інструмента револьверною головкою; М – заміна інструмента з магазина. Індекси Р і М ставлять перед Ф2, Ф3, Ф4. Наприклад: РФ2 – верстат з позиційною системою ПК і револьверною головкою; МФ3 – верстат з контурною системою керування й магазином інструменту.

У верстатах з ЧПК зберігається індексація за точністю прийнята як і в звичайних верстатах: Н – нормальна точність; П – підвищена точність; В – висока точність; А – особливо висока точність; С – майстер верстати (особливо висока точність). Індекс класу точності (за виключенням Н) у позначенні верстата наводиться після всіх цифрових індексів, наприклад: 6Б76ПМФ4 – багатоцільовий верстат підвищеної точності.

5.13.3. Показники роботи верстатів з ПК

При виборі верстата чи системи необхідно перевірити її відповідність виду й обсягу роботи, що забезпечується технологічним вивченням деталі щодо точності, продуктивності, габаритних розмірів робочої зони. Слід стежити, щоб технологічні можливості верстата були використані найповніше.

Токарні верстати будують на базі універсальних моделей з ручним керуванням і спеціалізовані, що мають оригінальне компонування. Спеціалізовані верстати відрізняються похилим, або вертикальним розташуванням на прямих станини, вони мають підвищену жорсткість і

оснащуються інструментальним магазином чи кількома револьверними головками, які забезпечують обробку заготовок у центрах і патроні.

Точність обробки відповідає 7–му квалітету, параметри шорсткості поверхні R_z=10–20 мкм. Настроювання інструмента на розмір здійснюється в оптичному пристрої поза верстатом із похибкою настроювання в межах 0,02 мм.

Фрезерні верстати в більшості випадків теж будують на базі універсальних моделей з ручним керуванням. До конструкції верстатів з ЧПК внесено принципові зміни: більша жорсткість окремих вузлів, в кінематичних ланцюгах застосовують безлюфтові, зубчасті передачі, гвинтові кулькові пари.

Значно розширюють технологічні можливості верстатів автоматична зміна швидкостей обертання шпинделя та інструмента, а також поворотний стіл, що дає змогу обробляти заготовку з двох боків за один установ.

Фрезерні верстати з ЧПК в автоматичному режимі обробляють плоскі контури різної кривизни, об'ємне фрезерування, свердління, зенкерування й розточування. Точність обробки контуру – в межах ± 0,1 мм, а точність лінійних розмірів – ± 0,08 мм.

На верстаті з поворотним столом можна обробляти взаємоперпендикулярні та паралельні площини без переустановлення заготовки. При цьому забезпечується взаємна перпендикулярність двох бічних сторін – 0,05 мм на довжині 500 мм; перпендикулярність бічної поверхні до основи – 0,05 мм на довжині 500 мм; співвісність отворів, розточених із двох протилежних сторін – 0,05 мм на довжині 500 мм. Точність позиціювання вузлів – 0,05 мм на довжині 500 мм і 0,1 мм на довжині 1600 мм. Параметр шорсткості R_z обробленої поверхні знаходиться в межах 10 – 20 мкм.

Свердлильні та розточувальні верстати. Доцільно обробляти деталі з багатьма отворами та ряд обробка ряду отворів одного діаметра за один прохід. При обробці різних діаметрів і точності отворів застосовують верстати з автоматичною зміною інструмента, оснащені шести позиційними револьверними головками (верстати типу 2Р11Ф2, 2Р135Ф2).

Горизонтально–розточувальні верстати без заднього стояка із поворотним столом за рахунок високої точності позиціювання робочих органів забезпечують високопродуктивну обробку співвісних отворів консольним інструментом із двох боків з поворотом на 180^0. Точність відпрацювання координат ±0,01 мм, точність міжосьових відстаней $0,05 \div 0,07$ мм.

Обробні центри. Обробний центр – це високоавтоматизований верстат із програмним керуванням, обладнаний спеціальним інструментальним магазином для автоматичної зміни різального інструменту. За допомогою ПК на цих верстатах здійснюється автоматичне переміщення заготовки вздовж 3–х координатних осей та її обертання навколо вертикальної осі поворотного стола. Деякі конструкції обладнані глобусним столом, які мають горизонтальну й вертикальну вісь обертання.

Обробні центри випускають з одним шпинделем або револьверними шпиндельними головками, які працюють почергово. Існують конструкції

обробних центрів із двома різними шпинделями – один для важких робіт (як правило, для фрезерування) і другий – для легких і більш точних.

Різальний інструмент розміщується в револьверних головках або в спеціалізованих магазинах великої місткості (до 300 інструментів).

На обробних центрах можна свердлити, зенкерувати, розвертати, розточувати, нарізати різь, а також фрезерувати площини і складні контури. Поза обробним центром проводиться тільки перша операція підготовки баз і деякі специфічні фінішні операції типу хонінгування.

Обробка заготовок складної конфігурації на верстатах забезпечує високу точність взаємного розташування оброблюваних поверхонь, точність позиціювання для обробних центрів: нормальної точності ±0,01 мм; високої точності $\pm(0{,}002 \div 0{,}005)$мм. Загальна похибка обробки для верстатів нормальної точності становить ±0,05 мм і високої точності ±0,01 мм. При обробці діаметральних розмірів витримується 7–й, а інколи й 5–й квалітет точності при параметрі шорсткості поверхні $R_z = 5 \div 10$ мкм.

Обробка на підвищених режимах збільшує продуктивність праці порівняно з обробкою на універсальних верстатах у 4–10 разів. Один оброблюваний центр замінює 4–5 верстатів традиційної конструкції й окуповує себе протягом одного–двох років.

5.13.4. Технологічне оснащення для верстатів з ПК

Особливості пристроїв для верстатів з ПК, їх класифікація. Одна із основних особливостей верстатів з ЧПК – їх висока точність. Верстатні пристрої здійснюють суттєвий вплив на підвищення точності обробки, оскільки похибка, яка виникає при базуванні заготовки в пристрої, є однією з основних складових сумарної похибки обробки. Відповідно, пристрої повинні забезпечити більшу точність встановлення, ніж пристрої універсальних верстатів. Для цього необхідно забезпечити принцип суміщення баз, похибка закріплення заготовок повинна бути зведена до мінімуму, точки прикладання затискних сил необхідно вибрати таким чином, щоб не було деформації заготовок. Враховуючи, що на верстатах з ЧПК переміщення задаються від початку відліку координат, пристрої повинні забезпечити повну орієнтацію заготовок відносно установчих елементів пристроїв. Відповідно, одною з основних особливостей пристроїв є необхідність їх орієнтації не тільки в поперечному напрямку відносно повздовжнього паза стола верстата, але й у повздовжньому.

Важлива особливість верстатів – обробка максимального числа поверхонь з одного встановлення. Відповідно, пристрої повинні бути спроектовані таким чином, щоб установчі елементи і затискні пристрої не перешкоджали підходу різального інструменту до оброблюваних поверхонь заготовки. Найбільш ефективним засобом при обробці п'яти площин є закріплення заготовок з боку установчої опорної поверхні.

Верстати з ПК вигідно відрізняються можливістю швидкого переходу від однієї партії оброблюваних деталей до іншої з мінімальним часом простою. Переналадка верстата, як правило, зводиться до заміни програмоносія, але

виникають затрати підготовчо-заключного часу, пов’язані з транспортуванням, встановленням, закріпленням і зняттям пристрою. Відповідно, конструкції пристроїв повинні мати високу гнучкість, забезпечити швидке переналагодження, орієнтацію і закріплення на верстаті, швидке від’єднання й під’єднання їх пневмо- або гідросистеми до джерела тиску.

Бажано при незначному часі обробки застосовувати швидкодіючі ручні або механізовані затискні пристрої, що дозволяють скоротити допоміжний час на затиск і розтиск заготовок.

Системи пристроїв, які застосовуються на верстатах з ЧПК, поділяються на переналагоджувальні та спеціальні.

УБП (система універсально-безналагоджувальних пристроїв) – закінчений механізм довготривалої дії з постійними регульованими елементами для багаторазового використання. УПБ бажано застосовувати в одиничному і дрібносерійному виробництві. До системи можна віднести різні патрони, зокрема поводкові, які передають крутний момент на заготовку від шпинделя верстата за допомогою хомутика, кулачків, торцевих ножів, що врізаються в метал лівого торця заготовки при підтисканні її заднім центром до переднього.

УНП (система універсально-налагоджувальних пристроїв) складається з універсального базового агрегату і змінних наладок. Базовий агрегат довготривалої дії і багаторазового використання являє собою закінчений механізм. Під змінною наладкою розуміють елементарну складальну одиницю, яка забезпечує встановлення заготовки на базовому пристрої. При зміні об'єкта виробництва базова частина, а також універсальні елементи й вузли змінних наладок, якими комплектуються УНП, використовуються багаторазово. УНП бажано застосовувати в дрібносерійному виробництві, особливо при використанні групових методів обробки. Для токарних верстатів найбільш розповсюдженим пристроєм системи УНП є трикулачковий патрон.

СНП (система спеціалізованих налагоджувальних пристроїв) забезпечує базування й закріплення типових за конфігурацією заготовок різних розмірів, що складається з базового агрегату, призначеного для встановлення змінних наладок. Багатомісні пристрої забезпечують зміну заготовок в неробочій зоні верстата. Ефективним застосуванням СНП на верстатах з ЧПК є серійне виробництво.

УСП (*система універсально-складальних пристроїв*) компонується з стандартних елементів, виготовлених із високою точністю. Елементи і вузли фіксуються системою шпонка-паз і постійно знаходяться в роботі протягом 18–20 років. Така система не потребує конструювання й виготовлення пристроїв. Цикл обладнання верстата пристроєм системи УСП складається зі складання компоновки і її встановлення, на що відводиться від трьох до чотирьох годин. Початковими для складання пристрою є різні базові елементи, з якими складаються установочні елементи, елементи додаткового базування, прихвати та інші.

Система УСП – ЧПК є розвитком УСП і призначена для встановлення заготовок на верстатах фрезерної групи в умовах одиничного і дрібносерійного

виробництва. Основою комплектів є гідравлічні блоки, які мають базові плити із сіткою пазів і вмонтованими гідроциліндрами, а також без них.

СРП (складально-розбірні налагоджувальні пристрої) призначені для фрезерних, свердлильних і багатоцільових верстатів. Елементи фіксуються системою палець-отвір, що гарантує більш високу точність, шорсткість і стабільність параметрів пристроїв. Фіксуючі отвори виконані у втулках із міцного й зносостійкого металу, втулки запресовані в корпус плити або кутників.

У комплект СРП входять складальні одиниці 2–5%; притискні елементи 18–20%; упорні елементи (опори регульовані, планки, підкладки) – 8–10%; установочні елементи (пальці, штирі, шаблони) – 15–20%; кріпильні деталі – 45–50%; пружини, перехідні планки 2–5% від загального числа одиниць.

НСП (система нерозбірних спеціальних пристроїв) застосовується в умовах масового і багатосерійного виробництва. Пристрої цієї системи не піддаються переналагоджуванню й деталі не можна повторно використовувати в інших компоновках. Проектування НСП проводять за відповідними правилами і методиками.

Загальні особливості різального інструменту для верстатів з ПК. Умови експлуатації інструменту на верстатах з ПК відрізняються від умов експлуатації інструменту на звичайних верстатах і визначаються такими факторами:

- обробка отворів здійснюється без кондукторних втулок та інших напрямних пристроїв. Похибки обробки не можуть бути зменшені при виготовленні деталі і не завжди можуть враховуватись при складанні програми;
- питома вага часу різання від загального часу роботи зростає до 45–75% замість 20% на звичайних верстатах, що знижує стійкість інструменту та збільшує його спрацювання;
- деталі обробляють за принципом автоматичного отримання розмірів, що призводить до розмірного налагодження інструменту поза верстатом спеціальними контрольно-вимірювальними пристроями.

Від вибору і підготовки інструменту залежить продуктивність і точність обробки, у зв’язку з цим різальний інструмент повинен задовольняти вимоги: мати стабільні різальні властивості; задовільно формувати і відводити стружку; забезпечувати задану точність; забезпечувати можливість попереднього налагодження на розмір поза межами верстата (разом із допоміжним інструментом); мати високу універсальність, щоб забезпечити його застосування при обробці типових поверхонь різних деталей; бути швидкозмінним при переналагоджуванні на другу деталь, яку обробляють, або при зміні інструмента.

Системи допоміжного інструменту для верстатів із ПК. Конструкції допоміжного інструменту для верстатів з ПК визначаються його основними елементами – формою і розмірами з’єднуючих елементів для кріплення на верстаті й закріплення інструмента.

Пристрої, що забезпечують автоматичну зміну інструмента і його кріплення на верстатах, визначають конструкцію хвостовика, який повинен бути однаковим для всіх різальних інструмента даного верстата. З метою

забезпечення розмірів деталі без пробних проходів необхідно ввести в конструкцію допоміжного інструмента пристрої, які забезпечують регулювання положення різальних кромок – налагодження інструмента на певний момент. Це призводить до створення різних перехідників (адаптерів), у яких хвостовик сконструйовано для конкретного верстата, а передня частина – для різального інструмента зі стандартними приєднуючими розмірами (призматичні, циліндричні, конічні), що відповідають стандартам на інструмент.

Різноманітність типів верстатів викликає необхідність у великій кількості методів установлення і зміни інструменту. В зв'язку з цим, розробляються комплекти уніфікованого допоміжного і спеціального різального інструменту, які забезпечують надійне кріплення всіх інструментів для реалізації технологічних можливостей верстатів.

5.13.5. Налагодження верстатів з ПК

Одним із відповідальних етапів експлуатації є налагодження верстата, що забезпечує підвищення продуктивності праці, якість продукції й збереження довговічності обладнання.

Налагодження – підготовка технологічного обладнання і пристроїв до виконання технологічної операції.

Підналагодження – додаткове регулювання технологічного обладнання або пристроїв при виконанні технологічної операції для встановлення досягнутих при налагоджуванні значень параметрів. Підналагодження верстатів включає: підготовку різального інструменту і пристроїв; розміщення робочих органів верстата в початковому положенні; пробну обробку деталі; внесення корективів в положення інструмента і режими обробки; виправлення похибок у керуючій програмі.

В одиничному і дрібносерійному виробництві, коли необхідна точність досягається методом пробних ходів і вимірів, завданнями налагоджування є: встановлення пристрою і різального інструменту в положення, яке забезпечує найвигідніші умови обробки (висока продуктивність обробки і стійкість різального інструменту, необхідна якість і хороші умови стружкоутворення); встановлення режимів роботи верстата.

При серійному і масовому виробництві, коли необхідна точність досягається *методом автоматичного отримання розмірів*, постає завдання забезпечення точності взаємного розміщення різальних інструментів, пристроїв, кулачків, упорів, копірів та інших пристроїв, що визначають величину й напрям переміщення інструментів відносно оброблюваних заготовок.

Налагодження пристроїв. При базуванні необхідно знати конструктивні особливості стола верстата і його елементів. Установлення заготовок на верстаті може проходити на столі верстата; в пристрої, який встановлений на столі верстата; в пристрої, який встановлений на координатній плиті; безпосередньо на координатній плиті. Безпосередньо на столі верстата деталь встановлюють у тому випадку, коли вона має великі габарити, добру опорну поверхню і високу трудомісткість обробки. Пристрої використовують у тому

випадку, коли деталь має невеликі розміри, підвищується програма випуску, скорочується концентрація обробки та підвищуються вимоги до точності обробки. Встановлення на координатній плиті підвищує точність і швидкозмінність деталі. Важливою властивістю координатних плит є швидке встановлення відносно базових поверхонь стола верстата. Окремі точки плит можуть бути точно визначені в системі координат верстата.

Налагодження пристроїв поза верстатом полягає в правильному розміщенні їх відносно робочих поверхонь верстата. Кутове розміщення повинно бути витримане, і необхідно дотримуватись лінійного розміщення.

На столі верстата пристрої можна орієнтувати по–різному. Якщо стіл має точний повздовжній Т–подібний паз і центральний отвір, положення яких вивірено відносно нуля верстата, то опорна плита пристрою повинна мати дві шпонки і базовий палець. При розміщенні на столі поперечного паза на поверхні опорної плити пристрою ставлять три шпонки: дві повздовжні й одну поперечну. Такий спосіб дозволяє порівняно точно розмістити базові елементи пристрою відносно початку координат верстата. Якщо він має тільки повздовжні пази, то орієнтувати пристрій, опорна плита якого має дві шпонки, в поздовжньому напрямку можна упором, положення якого попередньо вивірено.

При відсутності у пристрої елементів орієнтації на столі верстата або при необхідності більш точного встановлення відносно базової точки верстата застосовують спосіб вивірки по осі шпинделя.

Налагодження різального інструменту. Визначення положення вершини інструмента виконується на спеціальних приладах. Вони мають рухому каретку, що переміщується у двох напрямках, і одночасно по лінійках можна відрахувати числові значення переміщення каретки. На верхній каретці знаходиться пристрій (мікроскоп, індикатор або інший вимірний пристрій), за допомогою якого фіксується момент суміщення заданого і фактичного положення вершини різального інструмента. При перевірці вимірних інструментів перехрещення проектора встановлюють у точку з необхідними координатами. При роботі проміжними інструментами прилади використовують не для налагодження інструмента, а для визначення фактичних значень необхідних координат. За допомогою оптичних приладів можна перевіряти правильність і точність виконання різальної частини інструмента.

В ряді СЧПК зміщення (корекція) початкового положення інструмента здійснюється з пульта шляхом набору величини зміщення на декартному перемикачі.

Верстати з ЧПК працюють у кількох режимах, із яких основними є: автоматичний, напівавтоматичний, ручний ввід (піднабір) і ручний. В автоматичному режимі програма вводиться від програмоносія, відпрацьовується верстатом без зупинок до однієї з допоміжних команд М00, М01, М02, М03. У напівавтоматичному режимі після обробки одного кадру робочі органи зупиняються, рух починається після натискання кнопки «Пуск». Режим ручного вводу полягає в наборі на пульті інформації і відпрацювання її при натисканні кнопки «Пуск». Набір проходить за всіма адресами, але об’єм

не повинен перевищувати об’єму одного кадру, тобто можна мати не більше однієї команди по кожній з адрес, за винятком тих, які не суперечать один одному з адресами G і M.

Статичне налагодження. Однією з умов, що забезпечує отримання необхідної точності деталі при обробці на верстатах, є рівність фактичних розмірів, отриманих при статичному налагодженні, розмірах, заданих у програмі. Виконання умови залежить від збереження попереднього положення різальних кромок інструмента і баз верстата відносно початку відліку. Для цього необхідно компенсувати похибку статичного налагоджування, яка збільшується в результаті зношення різального інструменту та температурних деформацій системи ВПІД, а також у результаті заміни інструмента і переміщення робочих органів у нове початкове положення. Для вирішення цього завдання використовують автоматичні системи, які забезпечують корекцію точності статичної наладки в початковому положенні.

Корекція точності статичного налагодження в початковому положенні необхідна при підналагодженні верстата перед обробкою першої деталі наступної партії. На цьому етапі похибка, як правило, складає найбільшу величину і її необхідно автоматично компенсувати. Автоматичну корекцію можна також провести безпосередньо в процесі обробки партії деталей після одного або кількох циклів.

Система автоматичної корекції. Положення нульової точки в одній із позицій револьверної головки: замість різального інструмента вставляють однокоординатний вимірювальний щуп, який служить для автоматичного отримання інформації про похибки. Щуп переміщується на позицію контролю за допомогою системи програмного керування. Траєкторія руху запрограмована й задана в керуючій програмі.

Перед початком обробки деталей нової партії коректується положення нульової точки. Перед встановленням деталі револьверна головка у відповідності із програмою виводить вимірний щуп на контрольну позицію. Щуп упирається в контрольний палець, фіксуючи відхилення в радіальному напрямку між шпинделем і різальним інструментом із урахуванням температурних деформацій ланок системи ВПІД. У відповідності з результатами вимірювання система виконує автоматичну корекцію шляхом зміщення початку відліку.

Перед чистовою обробкою проводиться наступна корекція, для цього виконується пробна проточка чистовим різцем.

Далі шляхом переміщення револьверної головки по прямокутній траєкторії щуп виводиться на повну контрольну позицію з вимірюванням точного розміру.

Система автоматичної корекції точності. Для забезпечення корекції розроблено пристрій, який фіксує відхилення вершини різальної кромки інструменту внаслідок зношення, температурних деформацій або зміни пластини. Відхилення вершини від необхідного положення вимірюється у двох перпендикулярних напрямках, що відповідає лінійним і радіальним розмірам деталі. За допомогою гідроциліндрів кронштейн з датчиками поперемінно

переміщається на певну відстань, і в цих позиціях різець натискає різальною кромкою на вимірний наконечник датчика, фіксуючи відхилення розміру статичного налагодження як в осьовому, так і в радіальному напрямках.

Оцінювання та коректування нової керуючої програми. Перевіркою й оцінюванням керуючої програми займається технолог-програміст або наладчик. За результатами обробки пробної деталі коректують програму. Найчастіше всього зустрічаються наступні помилки початкової редакції керуючої програми:

- нуль програми вибрано за межами робочої зони, тобто за нулем верстата;
- використано технологічне налагодження, не виконуване верстатом (завищення робочого переміщення, частота обертів);
- інструменти при холостому переміщенні зачіпають елементи верстата, пристосування або деталь.

Бажано з точки зору безпеки перші дві похибки виявити при відпрацюванні програми на холостому ходу, а незнайому програму – в напівавтоматичному режимі.

При токарній обробці й свердлінні суттєвим показником правильно вибраних режимів різання є характер сходу стружки. Зливна стружка викликає загрозу для щільності інструмента, порушує безпечні умови роботи, забруднює багатоверстатне обслуговування.

Налагодження верстата завершують пробною обробкою першої деталі, роблячи висновки правильності виконання всіх попередніх етапів: ознайомлення з картою налагодження й текстом керуючої програми; перевірка програмоносія; підготовка, налагодження й установка на верстаті різальних і допоміжних інструментів; підготовка пристроїв, базування і закріплення заготовки; встановлення робочих органів у нуль програми; підготовка контрольно–вимірювальних інструментів.

Можлива наступна загальна схема підготовчих робіт:

- перевірити правильність набору на перемикачах зміщення нуля і корекції;
- включити верстат і окремі системи;
- прогріти гідравлічну систему, а для виконання точних робіт прогріти шпиндельну бабку (15–20 хв.);
- переключити на режим ручної роботи, вивести робочі органи з нуля верстата на 100–150 мм по кожній координаті;
- повернути робочі органи в нуль верстата;
- відпустити клавішу «Включення гідравліки»;
- включити автоматичну роботу;
- закрити загорожі;
- запустити автоматичний цикл;
- після обробки перших поверхонь натиснути кнопку «Стоп» і перервати автоматичний цикл;
- переключитись на ручний режим;
- відвести на кілька міліметрів від заготовки різальний інструмент;
- провести контроль;

- відновити попереднє положення робочих органів;
- переключити на автоматичний режим і провести обробку;
- оглянути деталі та провести заміри;
- набрати на коректорах можливі похибки;
- провести подальшу обробку в автоматичному режимі.

Хід виконання операцій і результатів обробки дозволяє зробити висновок про необхідність коректування, оскільки в процесі перевірки може виникнути необхідність у зміні деяких елементів: порядку виконання переходів, базування, закріплення заготовки, інструмента, режимів різання та інше.

У відповідності з отриманими даними технолог–програміст коректує програму (виготовляє нову перфострічку).

5.13.6. Точність обробки на верстатах з ПК

Фактори, які впливають на точність обробки. Працюючи в автоматичному або напівавтоматичному режимі, верстат з ЧПК повинен забезпечувати точність обробки, що залежить від сумарної похибки обробки. На неї впливають: точність верстата; точність системи керування; похибки установки заготовки; похибки інструмента на розмір; похибки налагоджування верстата на розмір; похибки виготовлення різального інструменту; розмірне зношення різального інструменту; жорсткість системи ВПІД.

В незавантаженому стані точність верстата є геометричною і поділяється на класи. При перевірці норм точності встановлюють точність геометричних форм і відносного положення опорних поверхонь, базуючих заготовку і інструмент; точність руху за направляючими робочими органами верстата; точність розміщення осей обертання і траєкторії переміщення робочих органів верстата; точність і шорсткість оброблених поверхонь зразків.

На точність верстатів додатково впливають такі специфічні умови: точність лінійного позиціювання робочих органів; точність повертання робочих органів у початкове положення; стабільність виходу робочих органів у задану точку; точність обробки в режимі кругової інтерполяції; стабільність положення інструментів після автоматичної зміни.

При перевірці виявляють як точність, так і багатократну повторюваність попадання робочих органів в одне і те ж положення.

Загальна допустима похибка при позиціюванні робочих органів залежить від допустимої нагромадженої похибки при односторонньому підході до координати, допустимої нестабільності досягнення положення при позиціюванні (таблиці 5.3 і 5.4) і визначається за залежністю:

$$\Delta p = \Delta + \delta \,(\text{мкм}),$$

де Δ – допустима нагромаджена похибка; δ – допустима нестабільність досягнення заданого положення при позиціюванні.

Для збереження точності верстата протягом тривалого часу експлуатації норми геометричної точності при виготовленні верстата в порівнянні з нормативними посилюють на 40%.

Точність системи керування. Інтерполятор вносить певну похибку в обробку, величина відхилення якого залежить від нахилу траєкторії до координатних осей і не перевищує ціни імпульсу (дискрети) на ділянці будь-якої довжини в одну зі сторін від заданої траєкторії. Суттєві похибки, які не залежать від інтерполятора, але проявляються в режимі інтерполяції, є циклічні в передачі руху приводами подач. Вони виникають від осьового биття і внутрішньокрокових помилок ходових гвинтів.

Таблиця 5.3 − Допустима нагромаджена похибка Δ при односторонньому підході до координати, мкм

Клас точності верстата	*Переміщення по довжині, мм*									
	До 50		*50–80*		*80–125*		*125–200*		*200–320*	
	а	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*
Н	8	12	10	10	12	20	16	25	20	30
П	4	6	5	8	6	10	8	12	10	16
В	2	3	2,5	4	3	5	4	6	5	8
Клас точності верстата	*Переміщення по довжині, мм*									
	320–500		*500–800*		*800–1250*		*1250–2000*			
	а	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*		
Н	25	40	40	50	40	65	50	80		
П	12	20	16	26	20	30	25	40		
В	6	10	8	12	10	16	12	20		

Примітка. Похибка а відноситься до осей X, Y, W, R; похибка б – до осі Z

Таблиця 5.4 − Допустима нестабільність δ заданого положення при позиціюванні

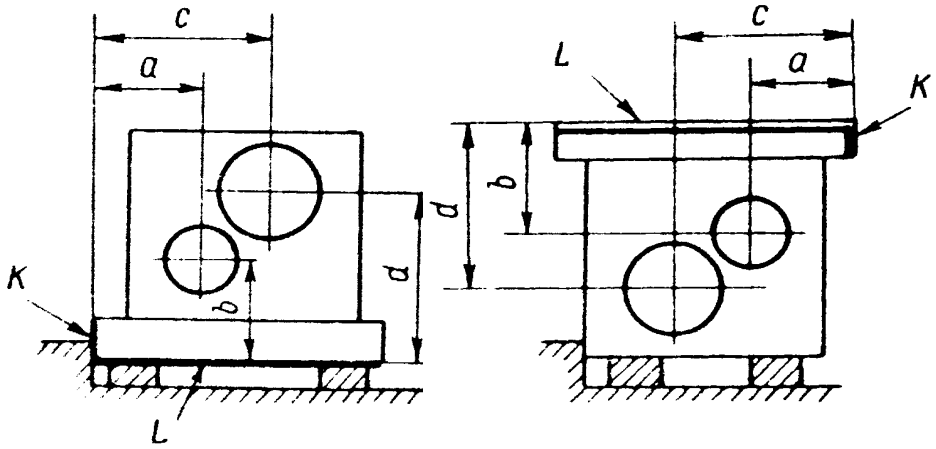
Клас точності верстата	*Переміщення по довжині, мм*									
	До50		*50–125*		*125–320*		*320–800*		*800–2000*	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
Н	9,6	15,0	12,0	18,0	15,0	24,0	24,0	36,0	36,0	60,0
П	4,8	7.2	6,0	9,6	7,2	12,0	12,0	18,0	18,0	30,0
В	2,4	3,6	3,0	3,8	3,6	6,0	6,0	9,6	9,6	15.0

Примітка. Відхилення а відноситься до осей X, Y, W, R; відхилення б –до осі Z

Похибка установки заготовки. Похибка установки δ_y, визначається сумою похибки базування $\delta_б$ і закріплення$\delta_з$. Похибки базування виникають унаслідок несуміщення установчої бази з вимірювальною базою.

В корпусній деталі поверхні *K* і *L* є вимірними, оскільки від них проводять вимірювання поверхонь з розмірами *a, b, c, d.* Для забезпечення точності обробки поверхні *K* і *L* використовують як технологічні бази, застосовуючи принцип суміщення баз (рис. 5.70,а).

При обробці на верстатах з ЧПК досягається більш висока точність, коли за один установ обробляють вимірні бази й усі інші поверхні, розміри яких відраховуються від цих баз (рис. 5.70,б). Спочатку, при базуванні на такій схемі, обробляють поверхні *K* і *L*, а потім – усі інші поверхні.



а) *б)*

Рисунок 5.70 – Схеми базування

При закріпленні заготовки (рис. 5.71) можливі її зміщення під дією затискних сил Q_1 і Q_2, тобто виникає похибка закріплення δ_3. Зміщення заготовки проходить унаслідок деформації окремих ланок: заготовки – $\delta_{заг}$; установчих елементів – δ_y ; корпуса пристрою – δ_n.

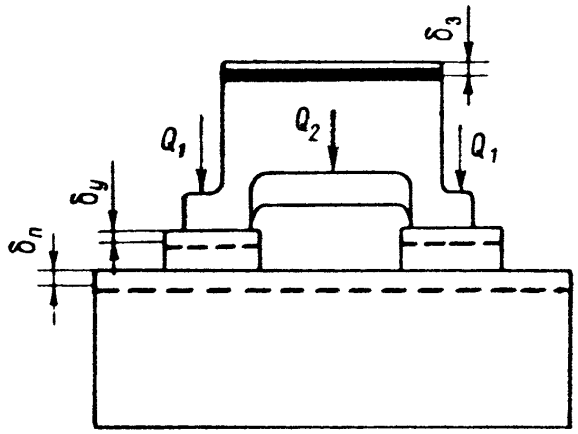


Рисунок 5.71 – Виникнення похибки закріплення

Похибка налагодження інструментів на розмір. Незважаючи на високу точність приладів, налагодження інструментів завжди проводиться з деякими відхиленнями, які визначаються похибкою самого приладу δ_1... δ_5 і похибкою закріплення на верстаті, налагодженому на розмір інструмента (δ_6…δ_8). За правилами складання випадкових величин похибка положення вершини налагодженого на розмір інструмента визначається залежністю:

$$\delta_к = [(k_1\delta_1)^2 + (k_2\delta_2)^2 + \ldots + (k_8\delta_8)^2]^{0.5},$$

де δ_1 – похибка шкал відліку приладу; δ_2 – похибка відрахування розміру за шкалами; δ_3 – неточність суміщення вершини інструмента з перехрещенням екрана проектора; δ_4 – несуміщення початку відліку шкал і пристрою для закріплення інструмента; δ_5 – неточність кутового розміщення на приладі пристрою для закріплення інструмента; δ_6 – неспівпадання нуля відліку координат інструмента з теоретичним положенням через неточність розміщення поверхонь, базуючих інструмент на верстаті; δ_7 – похибка, що

виникає від неправильного кутового розміщення на верстаті базуючих поверхонь; δ_8 – похибка, що виникає у зв'язку з деформаціями елементів, які беруть участь у затиску; k – коефіцієнти, які характеризують закони розподілення похибок.

Точність налагодження інструментів на розмір оцінюється розрахунковим шляхом. При розрахунку можна прийняти $\delta_1 = 1{,}5$ мкм; $\delta_2 = 1$ мкм; $\delta_3 = \delta_4 = \ldots = \delta_8 = 3$ мкм; $k_1 = k_2 = \ldots = k_8 = 1$ (похибка розподілу за нормальним законом).

Похибки δ_6, δ_7, δ_8 не можуть бути враховані при налагодженні інструментів на розмір, оскільки один прилад звичайно обслуговує кілька верстатів, для яких похибки різні.

Похибка налагодження верстата на розмір. Налагодження заключається в узгодженні установки налагодженого на розмір інструмента, робочих елементів верстата і базуючих елементів пристроїв.

У процесі налагодження, для визначення установочного розміру кожного інструмента, наладчик використовує метод робочих ходів, а в процесі обробки партії деталей – метод автоматичного отримання розмірів.

Похибка налагодження верстата $\delta_н$ рівна різниці граничних значень установчого розміру і залежить від: похибки налагодження інструмента на розмір δ_i; похибки установки нульового положення програми δ_n; похибки вимірювання пробних деталей при налагодженні $\delta_{вим}$; відхилення центру групування пробних деталей відносно середини поля розсіювання в момент налагодження $\delta_{розр}$, і визначається залежністю:

$$\delta_н = [(k_1\delta_1)^2 + (k_0\delta_0)^2 + (k_{вим}\delta_{вим})^2 + (k_{розр}\delta_{розр})^2]^{0,5},$$

де $k_i = k_0 = k_{розр} = 1{,}0–1{,}73$; $k_{вим} = 1{,}0$; $\delta_{розр} = 3\cdot\sigma_н/n^{1/2}$; $\sigma_н$ – середньоквадратичне відхилення в момент налагодження; n – число пробних деталей, на яких проводиться налагодження установочного розміру.

В залежності від характеру передбачуваної зміни розмірів установочний розмір при налагоджуванні встановлюють таким чином, щоб він був від нижньої або верхньої границі допуску наближений на 1/5 поля. Інструменти для обробки зовнішніх поверхонь із урахуванням зношення налагоджують ближче до нижньої межі, внутрішніх – ближче до верхньої.

На точність обробки суттєвий вплив має жорсткість системи ВПІД, адже сили різання при обробці викликають пружні деформації окремих елементів системи в місцях з'єднання деталей механізмів, а також у місцях їх стиків. Жорсткість верстата залежить від конструктивного виконання, попереднього натягу окремих механізмів і якості складання. Верстати з ЧПК мають в середньому на 40–50% більшу жорсткість у порівнянні зі звичайними, але разом із цим виникають явища, які не спостерігались на звичайних верстатах.

У процесі обробки похибки форми і просторові відхилення при кожному ході інструмента будуть зменшуватись, а оскільки вони не зникають повністю, то можна говорити про копіювання й спадковість похибок заготовки. Бажано на кожному ході інструмента скорочувати величину припуску.

Методи дослідження й контролю точності обробки. Вплив усіх перерахованих факторів, що впливають на точність обробки, приводить до виникнення похибок, терміни і визначення яких установлено стандартами.

Розсіювання розмірів деталей, оброблюваних на налагоджуваних верстатах, можуть бути встановлені за допомогою кривих розподілення на основі закону великих чисел. При різних умовах обробки заготовок розсіювання їх розмірів підлягає різним математичним законам. У технології машинобудування практичне значення мають такі закони розподілення:

- нормальний закон (закон Гаусса). Центр розсіювання розмірів у часі не зміщується, і такому закону підлягають лінійні довжини, діаметри і кутові розміри;
- закон рівнобедреного трикутника (закон Сімпсона). Він описує розсіювання випадкової величини, якщо на нього діють два домінуючих фактори, кожний із яких рівномірно розподілений;
- закон ексцентриситету (закон Релея). Він описує ексцентриситет, биття, різностінність, відхилення від паралельності, перпендикулярності, овальності, конусоподібності, співвісності, торцевого й радіального биття.Фактичне поле розсіювання значень перемінної випадкової величини радіуса–вектора R визначається по залежностях: $\omega = 5{,}25\sigma_R$ або $\omega = 3{,}44\sigma_0$. Величини σ_R і σ_0 – відповідно середньоквадратичне відхилення перемінної випадкової величини R і значень координат X і Y радіуса-вектора R;
- закон рівної імовірності виникає тоді , коли на випадкову величину діє домінуючий фактор, рівномірно зростаючий у часі (похибка пов'язана із зношенням різального інструмента). Закон розповсюджується на розміри заготовок підвищеної точності (5–6 квалітет);
- композиція законів розподілену. Якщо при обробці заготовок одночасно діють різні фактори, то виникають як випадкові похибки, так і систематичні. Композицію знаходять методами математичної статистики.

Дослідження точності обробки за допомогою кривих розподілів не відображає послідовність обробки, тобто зміни точності операції у часі, а також контроль деталей здійснюється після обробки всіх заготовок.

Метод точкових діаграм не має таких недоліків. По осі абсцис відкладають номери послідовно оброблюваних заготовок, а по осі ординат – розміри, отримані в результаті обробки. Розміри, розміщені між двома паралельними лініями, які обмежують поле доступу, відповідають придатним деталям, а інші характеризують величину браку. Складання таких діаграм у ході виконання операції дозволяє своєчасно встановити момент, коли необхідне підналагодження верстата.

Метод точностних діаграм. Виявити статичну нестабільність і закономірності її появи можна, визначивши методом малих вибірок, оскільки метод великих вибірок дає уявлення про точність і стійкість технологічної операції тільки за час узяття вибірки великого об'єму.

Метод малих вибірок, при значно меншому числі вимірів і меншому об'ємі розрахункових робіт, дозволяє розглянути технологічний процес у часі. Можна отримати інформацію про точність і стабільність технологічної операції

також протягом дня, коли вибірки складають об'єм 3–10 вимірів через певні проміжки часу. Перша вибірка відразу після налагодження (підналагодження), остання – перед налагодженням (підналагодженням). Проміжок часу між вибірками визначається експериментально і звичайно їх об'єм беруть непарним, не менше 10.

Задану точність обробки заготовок на верстатах можна досягти одним із двох принципіально різних методів:

- метод пробних ходів і вимірів;
- метод автоматичного отримання розмірів на налагоджених верстатах.

Перший метод використовують в одиничному і дрібносерійному виробництві, другий – в серійному і масовому. Кожний з методів досягнення точності супроводжується похибками виробництва і викликається різними причинами.

Забезпечення точності обробки на верстатах з ЧПК переходить на налагоджувальника і інструментальника, які виконують попереднє налагодження верстата, спеціального пристрою, а також технолога, який визначає технологічні бази, методи установки і кріплення.

Сутність методу автоматичного отримання розмірів – розрахункове визначення переміщення робочого органу і рішення розмірних ланцюгів для визначення точності переміщення. Відповідно із зміною розмірів і точності складових розмірів змінюються розміри й точність замикаючої ланки, що впливає на виготовлення деталей.

5.13.7. Особливості проектування технологічних процесів для верстатів з ПК

Технологічний процес обробки на верстатах з ЧПК, на відміну від традиційного, потребує більшої деталізації при вирішенні поставлених завдань й урахуванні специфіки представленої інформації. Деталізація технологічного процесу призводить до поділу на кроки, кожний із яких являє собою переміщення на дільниці траєкторії інструментів вздовж певного геометричного елемента. Також з'являється новий елемент технологічного процесу – програма автоматичної роботи верстата, закодована на програмоносії. При цьому в поняття «перехід» вносяться деякі уточнення.

Перехід – закінчена частина технологічної операції, що характеризується сталістю інструмента і поверхонь, утворених обробкою. Для фрезерних, свердлильних, розточувальних і фрезерно-контурних робіт розрізняють елементарні, інструментальні, позиційні й допоміжні переходи.

Елементарний перехід – безперервний процес обробки однієї елементарної поверхні одним інструментом за заданою програмою.

Інструментальний перехід – закінчений процес обробки однієї або кількох елементарних поверхонь при безперервному русі одного інструмента за заданою програмою.

Допоміжний перехід – переміщення інструмента без зняття стружки.

Позиційний перехід – сукупність інструментальних і допоміжних переходів, що виконуються при незмінній позиції, оснащенні інструментів і програмі.

Враховуючи, що верстати з ЧПК застосовують в основному при серійному і дрібносерійному виробництві, то весь хід технологічної підготовки доцільно виконувати в такій послідовності:

1. Аналіз вихідних даних, вивчення службового призначення, аналіз діючих технологічних процесів. Добір літератури, каталогів, паспортів верстатів, інструкцій з програмування.

2. Визначення номенклатури деталей, формування груп деталей за спільністю конструктивно–технологічних вимог та ознак. Добір деталей – представників груп.

3. Аналіз креслень і відпрацювання на технологічність. Контроль відповідності розмірів до вимог технології обробки, технологічна переробка креслень.

4. Кількісне оцінювання груп. Розрахунок виробничої партії, програми й типу виробництва для кожної деталі – представника.

5. Розробка маршрутів виготовлення відповідно до технологічного коду. Попередній добір діючого типового чи групового технологічного процесу, або пошук аналога одиничного процесу.

6. Добір вихідних заготовок і прогресивних методів їх виготовлення.

7. Добір технологічних баз і методів обробки. Оцінювання точності й надійності вибраних схем базування та методів обробки.

8. Проектування технологічного маршруту з установленням операцій. У разі необхідності маршрут можна розділити на два етапи – до і після термообробки. Підбір обладнання.

9. Розробка технологічних операцій, переходів. Необхідно підібрати різальний інструмент, пристрої, розрахувати припуски і режими різання. Детальна розробка структури операцій, встановлення траєкторії робочих і допоміжних ходів. Розробка розрахунково–технологічної карти (РТК) з оформленням операційного ескіза. Нормування затрат праці й витрат матеріалів, визначення кваліфікації виконавців та побудова завантаження обладнання.

10. Розрахунок точності, продуктивності та економічної ефективності варіантів технологічного процесу, вибір оптимального.

11. Оформлення, нормоконтроль і затвердження технологічних документів.

12. Розробка керуючих програм.

13. Запис програм на програмоносії.

14. Відпрацювання, коректування й упровадження керуючих програм.

Вимоги до технологічних процесів гнучких виробничих систем (ГВС) включають вимоги до виготовлення заготовок, деталей, технологічного обладнання, інструменту, оснащення, систем автоматичного контролю і керування.

Конструкції деталей повинні мати уніфіковані елементи поверхонь із простими геометричними формами, бажано без похилих оброблюваних поверхонь. Різноманітність розмірів отворів, різей, канавок та інших елементів повинна бути зведена до мінімуму. Бази повинні відзначатись достатньою довжиною, забезпечувати зручність та однозначність установки й закріплення заготовки.

Для заготовок використовують прокат, поковки, відливки, зварні конструкції, до яких ставляться особливі вимоги щодо їх термічної обробки й очистки. Глибина дефектів на оброблюваних поверхнях не повинна перевищувати половини одностороннього припуску на механічну обробку. Заготовки мають надходити до ГВС із попередньо обробленими базами.

Система автоматичного контролю (САК) повинна забезпечувати потрібний рівень якості деталей контролем параметрів матеріалу, заготовок, інструменту, оснащення, режимів контролю і вимірювальних обчислювальних комплексів.

Для роботизованого виробництва практика виробила наступні етапи розробки технологічних процесів механічної обробки:

1. Аналіз вихідних даних, діючих технологічних процесів і вибір об'єктів роботизації. Добір документів і систематизація інформації.

2. Класифікація виробів і створення груп деталей, які мають спільні ознаки. Аналіз технологічності з погляду роботизованого виробництва, технологічна переробка креслень.

3. Кількісне оцінювання груп виробів, розрахунок типу виробництва, програми, оптимальної величини розмірів партії, орієнтовної верстатомісткості.

4. Добір заготовок, баз і методів обробки, способів переміщення і контролю, обладнання та промислових роботів, обґрунтування компонувальних схем.

5. Розробка маршрутного опису роботизованого технологічного процесу, послідовності виконання операцій типового чи групового технологічного процесу за критерієм мінімальної тривалості виробничого циклу.

6. Розробка роботизованих операцій та формування їх структури. Уніфікація технологічних баз, баз транспортування і маніпулювання. Добір різальних і допоміжних інструментів, установчих і захватних пристроїв і приладів. Розрахунок припусків і режимів різання, розробка керуючих програм.

7. Побудова циклограми і розрахунок часових характеристик процесу. Розрахунок точності, продуктивності, гнучкості, надійності.

8. Обґрунтування техніко-економічної ефективності й остаточний вибір технологічного процесу.

9. Розробка технологічних заходів для реалізації роботизованого технологічного процесу на модернізацію чи проектування спеціальних засобів технічного оснащення і систем керування.

10. Розробка алгоритму функціонування РТК і засобів його реалізації. Програмування роботи системи керування.

11. Оформлення комплексу технологічних документів на роботизовані технологічні процеси.

5.14. Сучасні технологічні процеси, що мають перспективу використання в автомобілебудуванні

Технологія високошвидкісної обробки.

Застосування високих швидкостей обробки – багатообіцяючий спосіб. Все вказує на те, шо ці прийоми стануть дуже важливими в майбутньому, особливо для дрібносерійних виробництв і обробки спеціальних матеріалів високошвидкісними різальними інструментами. Носіями енергії можуть бути ударні хвилі та електромагнітні хвилі. Ударні хвилі утворюються в різних середовищах (повітря, вода, пісок) за рахунок детонації вибухових речовин, згорання газу або порошкоподібного пального, розширення переохолоджених газів або іскрового розряду, тобто є багато варіантів засобу. Вони застосовуються в основному при формуванні, але зустрічаються і в підготовчих цехах, а також при різанні, з'єднанні або нанесенні покриттів.

Найвідомішими прийомами високошвидкісного формування є вибухове електромагнітне або електрогідравлічне формування. Швидкість і продуктивність порівняно із звичайними способами збільшуються на кілька порядків. В усіх цих способах бере участь тільки один інструмент, відносно якого з великою швидкістю пересувається заготовка, піддаючись формуванню за рахунок сили тяжіння. Ударні хвилі, що виникають при детонації вибухової речовини, діють на заготовку, як правило, через проміжне середовище (найчастіше це вода, рідше твердий матеріал), притискаючи її до інструмента і формуючи виріб. При достатньо низькій вартості формовочного інструменту і невеликих капіталовкладеннях цей спосіб дозволяє виробляти деталі складної форми, що важко формуються. Форми найчастіше прості і можуть бути виконані з бетону, пластмаси, твердих порід дерева або ебоніту.

При електромагнітному формуванні використовують енергію магнітних полів. Якщо в конденсаторі накопичена енергія до 100 кВт, то при його миттєвій розрядці створюється високоінтенсивне магнітне поле, яке індукує в заготовці протилежно направлений струм. Оскільки він теж створює своє магнітне поле, то на заготовку діють сили, що виникають при взаємодії протилежно направлених магнітних полів, і піддають її формуванню без будь–якого проміжного середовища.

При електрогідравлічному формуванні носієм енергії є ударні хвилі, що виникають при підводному розряді. Сучасні промислові установки працюють з напругою від 5 до 15 кіловольт, а розробляються – до 50 кіловольт.

Якщо електромагнітна обробка служить, в основному, для з'єднання та збирання, то вибухове плакірування відкриває нові можливості при нанесенні покриттів, дозволяє з'єднувати матеріали, які не поєднуються звичайними способами. При вибуховому плакіруванні між матеріалами, що з'єднуються, виникає швидкоплинний потік пластичного або рідкого металу, утворюючи на поверхні розділу хвилеподібні зачіплення, що веде до появи глибоких і міцних зв'язків. Вибухове плакірування може стимулювати розробку і виготовлення нових композиційних матеріалів.

Відомі також швидкісні способи в галузі заготовчого виробництва (ущільнення порошків) і обробки (перфорування), однак їхнє значення не таке велике, як в техніці з'єднання та нанесення покриттів.

Швидкісні способи впливають і на властивості матеріалів. Це явище свідомо використовується при вибуховому загартуванні. Технологічно у вибухового загартування немає нічого спільного з термообробкою – заготовка повинна бути максимально зміцнена при мінімальній модифікації форми. Для цього при відповідних формах заготовки і основи необхідні ударні хвилі з великою амплітудою стискання (до 150000 МПа). Обсяг використання вибухового загартування техніці сьогодні ще важко оцінити.

Ці специфічні технологічні прийоми доповнять у майбутньому вже звичні нам способи і набуватимуть дедалі більшого значення, забезпечуючи реалізацію великомаштабних проектів.

Технологія обробки плазменним струмом.

У плазмених пальниках гази можуть розігріватися до 50000 К. При цих температурах атоми газу втрачають електрони і виникає іонізований електропровідний газ – плазма. В плазменних пальниках електрична дуга виникає або між катодом і сопловим анодом, що охолоджуються водою (непрямий спосіб), або між катодом і заготовкою анодом. Після запалювання допоміжної електродуги, що іонізує струмінь газу (аргон, водень, азот, їхні суміші, повітря), виникає основна електродуга, де газ розігрівається за рахунок зростаючих сили струму і напруги. Внаслідок термічного розширення на початку сопла газ випливає з нього зі швидкістю звуку. Потужність застосованих у промисловості пальників зараз досягає 120 кВт, а в майбутньому передбачаються установки потужністю до 10 000 кВт.

Понад двадцять років тому в промисловості були використані для різання перші плазменні пальники. Сьогодні їх застосовують дуже широко. Висока щільність енергії, величина струму та гарні теплофізичні характеристики плазми роблять цей засіб особливо ефективним під час різання високолегованих сталей і сплавів міді з алюмінієм, тобто матеріалів, які майже не піддаються автогенному різанню.

Техніка напилення відкрила нові перспективи для плазменних пальників. Її застосовують як для матеріалів, що легко плавляться, так і для тугоплавких – вольфраму і молібдену, а також для твердих і крихких речовин (карбідів, окисидів, нітридів, боридів і силіцидів), які раніше вдавалося обробляти тільки за технологією металургії. За допомогою цього способу їх можна розпорошувати і наносити на фасонні заготовки. Нанесені в плазмі покриття служать в основному для захисту від корозії, підвищення зносо– та ерозостійкості.

Плазменні пальники можна застосовувати при зварюванні особливо тонких деталей і при наплавленні корозійно-, жаро- та зносостійких матеріалів. Оточуюча потік плазми захисна газова оболонка ускладнює доступ повітря, блокує окислення і забезпечує високу якість з'єднання матеріалів.

Зняття стружки, при якому прямий плазменний пальник замінює токарний верстат, ще тільки починає розвиватися. Висока температура плазми

розплавляє заготовки на певну глибину, а рідкий матеріал видаляється обертанням заготовки та кінетичною енергією потоку плазми.

Перед плазменними пальниками, як джерелом теплової енергії, відкриті ще ширші перспективи. Плазменні плавильні печі для сталі вже застосовуються на виробництві. Високі температури і короткий термін плазменної плавки дають змогу підвищити якість виробів порівняно з вакуумною плавкою.

Електронно–променева технологія.

Хоча про можливість використання електронних променів як джерела тепла дізналися ще на початку минулого сторіччя, передумови для їхнього застосування в техніці були створені лише в останні два десятиріччя.

Електрони, що випромінюються жареним катодом у вакуумі порядку 10–4 мм рт. ст., розганяються високими потенціалами (біля 120 кВ) і збираються в пучки, з високою щільністю енергії до (109 Вт/мм^2). При дії такими електронними променями на матеріал електрони проникають в нього на глибину до 10 мкм, перетворючи свою кінетичну енергію в теплоту і викликаючи миттєве плавлення і випаровування матеріалу. Таким чином, за допомогою електронних променів можна обробляти всі металеві і кристалічні матеріали, знімати поверхневі шари (стружку), різати, переплавляти, зварювати, досягаючи продуктивності, швидкості зварювання до 50 м/хв. Легке фокусування електронних променів до діаметра в кілька мікрометрів зумовлює переваги їх застосування при суперточній обробці, як того вимагають мікроелектроніка та техніка напівпровідників.

Електронно-променеві плавильні печі вже багато років застосовуються в промисловості для плавлення тугоплавких металів високоякісних сталей. В них легкоплавкі метали, подібні до алюмінію, легко випарюються і можуть використовуватись як матеріали, що напилюються, зокрема алюміній для антикорозійного захисту напилюється на сталь.

Лазерна технологія.

У 1960 р. успішно випробувано перший лазер, а вже через десять років його застосовували при точному вимірюванні довжини в будівництві, управлінні роботою верстатів, термальній обробці металів, орієнтації і пеленгації в космічному просторі, дослідженні морів і атмосфери, спектроскопії і медицині. Паралельно, з вивченням самого фізичного ефекту досліджують його можливості в техніці. Лазер – це світлопідсилювач зі зворотним зв’язком.

Збудження у лазера з твердою активною речовиною (рубіновий, на неодимовому склі) або газом (аргоновий) здійснюється шляхом опромінення світлом імпульсної лампи. Енергія збудження активних атомів, іонів або молекул перетворюється на світлову енергію. Світло, що поширюється вздовж осі, за допомогою дзеркала постійно обертається, що призводить до його підсилення. Пучок світла покидає лазер через напівпрозоре дзеркало.

В технології лазерні промені використовують як джерело енергії при термообробці матеріалів. Вони можуть бути дуже щільно сфокусовані (до 1 мкм), причому дають можливість досягти таких високих температур, які дозволяють випаровувати будь-які відомі матеріали. Лазери застосовують при свердлінні, різанні і фрезеруванні тугоплавких металів і матеріалів, які важко

піддаються обробці, кераміки, кварцу, скла, алмазу, слюди та ін. Лазером можна свердлити отвори діаметром від 1 мкм до 2 мм і глибиною до 3 мм, причому глибина може в десять разів перевищувати діаметр. Такі отвори необхідні в годинникових механізмах. Лазер дозволяє здійснювати зварювання та пайки. При цьому лазер успішно виконує в принципі ті самі завдання, що й електронні промені, не вимагаючи створення високого вакууму. Можливості лазера в технологічних процесах розширюються, його використовують при зварюванні і різанні пластмаси, плавленні різноманітних речовин і локальному гартуванні мікрозон поверхонь.

При електронно-променевій обробці потік електронів прискорюється в потужному електричному полі і фокусується у пучок, який спрямовують на оброблювану заготовку. Цей спосіб використовують при обробці важкооброблюваних сплавів при отриманні отворів, пазів малих розмірів (до 0,005 мм).

Фізико-хімічні, хімічні, електрохімічні технології та інші способи обробки різання.

Поряд з фізичними ефектами в технології дедалі частіше використовуються успіхи, досягнуті в хімії та електрохімії.

З безлічі технологічних способів, в основі яких лежать хімічні і електрохімічні процеси, необхідно звернути увагу на електрохімічне розчинення і поверхневе електролітичне нагрівання – дві сучасні і багатообіцяючі технології. Та нині, щоправда, їх застосування обмежується технікою обробки поверхонь (гальванізація металів і пластмаси, електростатичне та електрофорезне лакування, фотохімічне і електрофотографічне травлення та друк).

У сучасному машинобудуванні та інших галузях промисловості широко використовують тверді сталі та надтверді сплави, напівпровідникові матеріали, скло, кварц, рубіни, алмази тощо. Виготовляти вироби (деталі) з цих матеріалів механічним різанням дуже важко, а іноді неможливо внаслідок їх великої твердості та крихкості. Для виготовлення деталей з цих матеріалів використовують хімічний, електричний, ультразвуковий, плазмовий, лазерний та інші способи різання. Ці способи обробки різанням грунтуються на використанні електричної, хімічної, звукової, світлової та інших видів енергії.

Хімічний спосіб обробки полягає в тому, що заготовку занурюють у хімічно активне середовище (розчин лугів, кислот). Поверхні, що не обробляються, захищають від дії хімічного середовища покриттям лаками, фарбами, емульсіями тощо. Хімічним способом обробляють важкодоступні для інструменту поверхні.

При електричних способах обробки електроенергія перетворюється на теплову, хімічну або інші види енергії. Ці способи обробки поділяють на електрохімічні та електроерозійні.

При електрохімічному способі проходить анодне розчинення металу у разі пропускання крізь розчин електроліту постійного електричного струму. Цей спосіб застосовують для шліфування, полірування, очищення поверхні металів від оксидів тощо.

До електрохімічної обробки відносять як електроерозійну обробку спосіб, при якому зовнішнє джерело струму розчиняє підключений як анод зразок, так і травлення металів. Ерозійна обробка протікає або шляхом направленого розчинення матеріалу заготовки без контакту її з інструментом, як у випадку свердлення, фрезерування, полірування і зачищення, або при контакті їх, як при шліфуванні і хонінгуванні, причому в останньому випадку електрохімічне розширення доповнюється механічним. У промисловості застосовують електроерозійне шліфування і зачищення та електрохімічне полірування. У порівнянні зі звичайними способами обробки цей дозволяє знімати матеріал незалежно від його механічних властивостей без зносу інструменту, без розігріву і без виникнення внутрішніх напруг. Продуктивність при цьому може сягати 10 см/хв.

При травленні фасонних деталей з пластини або фольги (товщина від 0,003 до 0,2 мм) зразок за допомогою негативу спочатку копіюється на пластині, покритій шляхом занурення або розпилення спеціальним фотолаком, що витравлюється без приєднання зовнішнього джерела струму.

Хоча способи електрохімічного розчинення і не можуть повністю замінити традиційні способи, вони з успіхом доповнюють їх, і в майбутньому сфера їхнього застосування поширіться. Електроерозійна обробка застосовується не тільки до матеріалів, що важко піддаються обробці різанням, але все більше і більше використовується для виготовлення деталей складної форми. Травлення фасонних деталей цілком відповідає вимогам їх мініатюризації і набагато перевищує можливості звичайної штамповки. В майбутньому можна буде говорити і про травлення більш товстих листів.

Електроерозійні способи різання полягають d обробці матеріалів електричними розрядами. У зоні різання енергія розрядів, які виникають між інструментом (анод) і заготовкою (катод), перетворюється на теплову енергію. Температура досягає 10000–12000°С. Це спричиняє оплавлення та випаровування ділянок поверхні. На заготовці відтворюється форма електрода-інструменту.

Електроерозійним способом обробляють вироби складної форми (штампи, прес–форми, отвори різної форми тощо). При електроіскровому способі різання використовують імпульсні іскрові розряди між заготовкою (анод) і інструментом (катод). Заготовка та інструмент з’єднані з джерелом постійного струму. При наближенні інструменту до заготівки на відстань близько 0,05 мм проходить іскровий розряд енергії, накопиченої в конденсаторі. У місці пробою виділяється велика кількість тепла, внаслідок чого плавиться і випаровується матеріал заготовки. Ванна заповнена діелектричною рідиною (гас або мінеральне масло), яка вимиває частинки металу із зони обробки, а це запобігає перенесенню металу із заготовки на поверхню інструменту.

Цим способом отримують отвори різної форми, пази тощо (штампи, прес-форми, фільєри). Форма отвору визначається формою торця електрода-інструмента.

Верстати для електроіскрового різання мають програмне керування.

Автоматично підтримується постійний зазор між заготовкою та інструментом, переміщення інструменту і регулювання подачі. Змінний опір R забезпечує оптимальний режим роботи.

Недоліком електроіскрового способу обробки с відносно мала продуктивність, недостатня точність форми і розмірів майбутньої деталі.

Анодно–механічний спосіб різання поєднує електрохімічні й електроерозійні процеси та механічну дію інструменту. Анодно–механічний спосіб застосовують для обробки матеріалів, які проводять електричний струм. Цим способом прорізають пази, шліфують поверхні, заточують різальний інструмент.

Програмою верстата передбачено керування швидкістю руху заготовки та інструменту, відстань між заготовкою та інструментом, параметри електричного режиму під час переходу з первинної обробки на кінцеву тощо. Різання проводять на верстатах з числовим програмним керуванням.

Електролітичне нагрівання дасть змогу за допомогою електричного розряду розігріти тверді провідники (метали, графіт) у струмопровідній рідині (електроліт) до температури порядку 2000°С. В процесі цього виникає відновне середовище. Спосіб цікавий як для зварювання і пайки, так і для термообробки і особливо для дифузійних процесів, коли в спеціально підібраному електроліті водночас з основним процесом дифундуючий елемент ($М_п$, С, 5, Сг, А1) частково діє на деталі.

Наймолодший і перспективний спосіб у технології обробки поверхонь треба назвати електрополімеризацією. Цим способом, в основі якого лежать принципи гальванотехніки, можна покрити поверхню металу тонким шаром пластмаси. Особливо важливий він при виготовленні тонких ізоляційних або антикорозійних захисних покриттів на металевих деталях.

Ультразвукові технології.

Ультразвукові хвилі є механічними коливаннями в діапазоні частот, що лежить вище 20 кГц. Вони, на відміну від електромагнітних хвиль, поширюються тільки в матеріальному середовищі. Енергія ультразвуку у дедалі більших масштабах використовується в промисловому виробництві.

Ультразвуковий спосіб різання матеріалів є різновидом механічного різання і грунтується на руйнуванні матеріалу завислими в рідині частинками абразиву, які набувають великих швидкостей від вібратора, щ коливається з ультразвуковою частотою (частота 16–30 кГц).

Заготовку ставлять під інструмент у ванну, заповнену абразивною суспензією. Інструмент за допомогою хвилеводу з'єднують з вібратором, який охолоджують водою. Із ультразвукового генератора, який живиться від джерела струму звичайної частоти, струм ультразвукової частоти подають до обмотки вібратора, в якому електромагнітні коливання перетворюються на механічні. Інструмент дотикається до заготовки. Енергія коливання інструменту передається абразивним частинкам. Вдаряючись об поверхню заготовки, частинки абразиву зрізають (сколюють) частинки оброблювальної поверхні заготовки. Із бака за допомогою помпи патрубком до зони різання подають суспензію.

Інструмент виготовляють із твердих матеріалів. До складу суспензії входять порошки різних абразивних матеріалів: електрокорунд, карборунд, карбід бору, алмаз тощо. Вибір порошку залежить від твердості та міцності оброблюваного матеріалу.

Цим способом можна виготовляти порожнину будь-якого профілю. Крім того, можна розрізати заготовки на частини, нарізати різьбу, робити напис тощо. Ультразвуковим методом обробляють не тільки метали, а й діелектрики – скло, кварц, силіцій, ферити, рубіни тощо. Сучасне виробництво неможливо уявити, наприклад, без ультразвукового очищення. В промисловості можна зустріти ультразвукове свердлення деталей найрізноманітнішої форми з твердих і крихких матеріалів (свердлять дорогоцінне каміння, скло, ферити, кераміку, кремній, германій), а також ультразвукове зварювання металів і пластмаси.

Ультразвукове зварювання відкриває ще ширше коло можливостей для з'єднання матеріалів, що не піддаються звичайним способам зварювання або утворюють під впливом високих температур рідку фазу, що також перешкоджає традиційним способам з'єднання. В той час, як ультразвукове зварювання пластмаси протікає при підведенні тепла, у металів подібний спосіб не викликає утворення рідкої фази, і процес іде аналогічно холодному зварюванню тиском.

Починається використання ультразвукових способів у технології формування і при різанні. Ультразвукове різання дає високоякісні поверхні.

Технологія дифузійних покриттів.

До корозійної термічної зносостійкості матеріалів і виробів висуваються часом дуже високі вимоги, виконання яких здебільшого залежить від стану поверхні деталі. Часто дешеві матеріали, властивості яких покращені лише в локальних поверхневих зонах, з успіхом замінюють малопоширені і цінні. Для цього на практиці часто використовують плакірування, емалювання, лакування, гальванізацію та ін.

Дифузійний ефект, тобто спроможність атомів проникати в тверді тіла, ліг в основу одного способу обробки поверхонь – способу дифузійних покриттів. Для гартування сталі в промислових масштабах її поверхню збагачують вуглецем і азотом шляхом дифузійного процесу. В принципі існує можливість більш–менш збагатити всі метали і сплави будь-яким елементом в певній зоні поверхні, якщо основний матеріал при достатньо високій температурі привести в контакт з дифундуючими атомами. Виробляються покриття завтовшки від 0,01 до 2 мм, властивості яких залежать від складу та структури дифузійного шару, що утворився. Цим способом можна одержувати як шари з різноманітних сплавів, так і нітридні, карбідні, боридні. Крім того, можна змусити кілька елементів дифундувати одним за однин або водночас. Цим досягаються більш широкі комбінації властивостей. Для підвищення стійкості до корозії, зносу і нагрівання поряд з вуглецем і азотом сьогодні застосовуються також бор, хром, алюміній, цинк і кремній, що дифундують у металеві матеріали.

Контрольні запитання до розділу

1. Що таке швидкість різання?
2. Що таке глибина різання?
3. Що таке подача?
4. Охарактеризуйте різні види точіння.
5. Для чого застосовується стругання і довбання?
6. У чому полягає процес фрезерування?
7. У чому суть протягування?
8. Що таке прошивання?
9. Охарактеризуйте найбільш поширені основні схеми різання.
10. Що таке свердління?
11. Для чого застосовують зенкерування?
12. У чому суть розвертування?
13. Що таке хонінгування?
14. У чому суть шліфування?
15. Як проходить нарізання зубів пальцевими модульними фрезами?
16. Як проходить нарізання зубів черв’ячними фрезами (зубофрезерування)?
17. нарізання зубів довб’яками?
18. Як відбувається нарізання зубів методом зуботочіння?
19. У чому суть обкатування?
20. Що таке шевінгування?
21. У чому суть легування?
22. Для чого застосовують зубохонінгування?
23. Які є основні види різей?
24. Що собою являє ротаційне витягування?
25. Які є види оздоблювальної обробки.
26. Що собою являє тонке фрезерування?
27. Що собою являє тонке шліфування?
28. Що собою являє процес притирання?
29. Що собою являє суперфінішування?

РОЗДІЛ 6

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ

6.1. Технологія виготовлення валів

Вали та вісі є відповідальними деталями машин і механізмів. Основне їх призначення полягає в розміщенні на них деталей, які обертаються – зубчастих коліс, шківів, барабанів, дисків, кулачків, важелів та інше.

Вали в автомобілях бувають гладкими і ступінчастими; цілісні і порожнисті; вали з фланцями; зварні вали: шліцові вали і вали–шестерні, а також комбіновані з різноманітним поєднанням вказаних вище типів. За довжиною поділяються на чотири групи: 1 – до 150 мм.; 2 – від 150 до 500 мм.; 3 – від 500 до 1200 мм.; 4 – від 1200 мм. Вали, довжина яких не перевищує 12–кратний середній діаметр рахуються жорсткими, а при більшому відношенні довжини до середнього діаметра вони вважаються нежорсткими. Матеріалами для виготовлення валів є сталі марок 25,30, 35, 40, 45, 45Г2, 40Х, 65Г, 35ХС, 40ХС, 30ХН3А і інших. Більше всього використовуються сталі 35 і 40Х.

Технічні умови. Основними показниками якості валів є точність їх геометричних форм в поперечному і повздовжньому січеннях. При використанні сучасних технологічних методів виготовлення валів, технічні умови на готові деталі призначають у більшості випадків наступними:

– точність діаметральних розмірів під підшипники – по 6 квалітету;

– шорсткість поверхонь під підшипники – R_a = 0,63–1,25 мкм;

– радіальне биття шийок – 0,02–0,04 мм;

– торцове биття опорних торців – 0,02–0,03 мм;

– неспіввісність різі з віссю вала – 0,02 по середньому діаметру;

– непаралельність шпонкових пазів до вісі вала – 0,03 на довжині 100 мм;

– зміщення вісі шпонкового паза відносно вісі вала – 0,02–0,03 мм.

Як з цього видно, точність обробки коливається в певних границях і залежить від призначення вала і технологічних методів, які використовуються в окремому випадку.

Заготовки для валів виготовляють різними способами. В більшості випадків для валів, діаметри ступенів яких відрізняються мало, заготовки відрізають із прокатного матеріалу. Для валів, діаметри ступенів яких відрізняються більше ніж на 10 мм, заготовки відрізають із прокату, а потім штампують в штампах або кують на молотах. Деколи заготовки обтискують на ротаційно–кувальних машинах, а потім обробляють на верстатах. В ряді випадків (при довгих гладких валах) доцільно використовувати вали з холоднотягнутої сталі, хоча вартість цієї сталі більша від гарячекатаної. Вали і осі з фланцями доцільно виготовляти збірно-зварними.

Припуски для обробку. При виготовленні валів із прокату загальний припуск дається з урахуванням усіх міжопераційних припусків і допустимої кривизни прутків. Розмір заготовки заокруглюють до найближчого розміру прокатного прутка по сортаменту Держстандарту або його обмежень, який використовується на заводі. Коли виготовляють вали з поковки, отриманої під молотом, припуски можуть досягти великих значень. При штампуванні ступінчатих валів в підкладних штампах припуски на обробку можна знизити на 40–50%.

Технологічні бази. Чорновими базами приймають необроблені зовнішні поверхні. Чистові бази – переважно центрові отвори, які виконуються в торцях заготовки і використовуються для точіння і шліфування валів, а також торці та циліндричні поверхні.

При фрезерних, шпонково–фрезерних, свердлильних операціях, при встановленні вала на призми, як базові поверхні використовують опорні шийки під підшипники або шийки під встановлення зубчастих коліс, муфт, шківів.

Обробка ступінчастих валів. Основними операціями при обробці валів є центрування, обточування на токарних верстатах, шліфування посадочних поверхонь, фрезерування шліців і шпонкових пазів. Другорядними операціями є свердління отворів, свердління і нарізання різьб у невеликих отворах, фрезерування лисок, скосів, зняття фасок, прорізання канавок.

У масовому і серійному виробництві для фрезерування і центрування торців використовують фрезерно-центрувальні напівавтомати МР–71, МР–73, 2Г942 (діаметр заготовки до 125 мм і довжина до 825 мм). В серійному і малосерійному виробництві ці операції можна проводити роздільним фрезеруванням торців і свердлінням отворів на універсальному обладнанні.

Чорнове і чистове точіння валів виконують на токарно-гвинторізних верстатах 1А616, 16К20, 1М63, 16А20Ф3, 16К30Ф3 і ін. (при одиничному і малосерійному виробництві), гідрокопіювальних напівавтоматах 1708, 1713, 1722 або багаторізцевих 1А730, 1Н713 і інших (при великосерійному і масовому виробництвах). Токарні верстати з ЧПК вигідно використовувати при обробці складних багатоступеневих заготовок, особливо з криволінійними поверхнями.

Для багаторізцевого і гідрокопіювального обточування найбільш доцільна така конструкція деталі, коли її ступені розміщені за зростаючими розмірами від одного кінця до другого. Якщо ця вимога не виконується, то вал обробляють з переустановленням на протилежну сторону.

У масовому виробництві фрезерно–центрувальні та гідрокопіювальні верстати можуть об’єднувати в автоматичну лінію. Такі лінії складаються як із верстатів загального призначення, так і спеціальних. Схема компоновки автоматичної лінії для обробки валів показана на рис. 6.1. Вона складається з транспортера накопичення заготовок 1, одного фрезерно–центрувального верстату 2, шести гідрокопіювальних верстатів 3, транспортера послідовної передачі заготовок від одного верстату до іншого 4, приймального столу деталей після обробки 5.

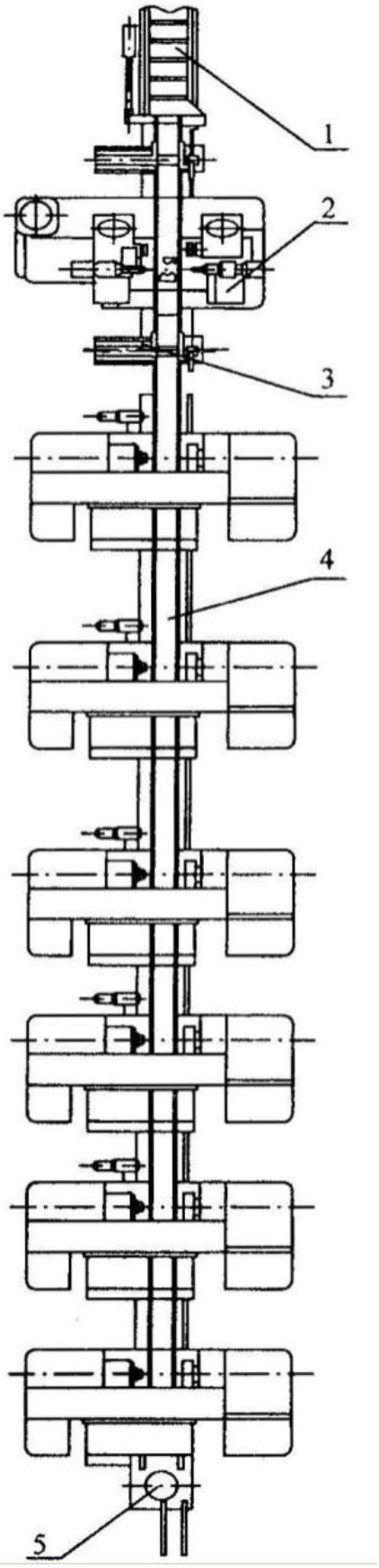


Рисунок 6.1 − Схема автоматичної лінії для обробки валів

Посадочні поверхні валів шліфують на круглошліфувальних верстатах моделей 3У131, 3М151, 3М164 та інших методом повздовжньої або поперечної подачі зі встановленням заготовки в центрах. Гладкі вали шліфують також на безцентрово–шліфувальних верстатах. Шліфування з поперечною подачею (врізне щліфування) відрізняється високою продуктивністю, особливо при обробці набором кругів, коли одночасно шліфують декілька шийок вала. Для підвищення продуктивності праці на шліфувальних операціях передбачають пристрої для контролю розмірів в процесі обробки і виключення подачі при досягненні заданого розміру – активний контроль.

Зовнішня різь на валах може бути виготовлена на токарно–гвинторізних, токарно–револьверних верстатах (1Н318, 1А340, 1365), токарно–револьверних автоматах (1Б136, 1Б140 і ін.), різьботокарних напівавтоматах (1920, 1А922 і ін.), різенакатних і різефрезерних напівавтоматах (КТ–85, КТ–86, 5ДО63). Нарізування зовнішньої різьби на загартованих валах здійснюється перед термічною обробкою, на незагартованих – після остаточного шліфування шийок, щоб уникнути зминання різьби при транспортуванні. У серійному і масовому виробництвах різі середньої точності (6g, 6h, 6H) можна отримати на різьботокарних і різенакатних напівавтоматах, різі грубого класу точності (8g, 8h, 7H, 7G) – на різефрезерних напівавтоматах, токарно–револьверних верстатах і автоматах. У дрібносерійному виробництві нарізування різі здійснюється на токарно–гвинторізних верстатах, що із застосуванням різенарізних різців чи вихрового методу нарізування можуть забезпечити отримання точних різьб (4h, 4H, 5H) і різьб середнього класу точності.

Фрезерування шпонкових пазів проводять на шпонко-фрезерних верстатах мод. 692Р шпонковою фрезою або на горизонтально–фрезерних верстатах 6Н81Г, 6Р82Г дисковою фрезою в залежності від конструкції паза. Вал встановлюють в центри або призми виставлені паралельно до руху подачі.

Шліцеві поверхні обробляють на шліцефрезерних верстатах черв'ячною фрезою зі встановленням вала в центри. При діаметрі шийок до 60 мм шліци фрезерують за один робочий хід, а при великих діаметрах за два ходи – попередній і чистовий. Продуктивність обробки щліців підвищується при використанні багатошпиндельних шліцефрезерних і шліцепротяжних верстатів. Перспективним є процес холодного накатування шліців.

Чистова обробка валів здійснюється точінням і шліфуванням. Чистове точіння забезпечувало отримання 7–9 квалітетів точності і шорсткості поверхні R_a = 2,5 мкм, шліфування – 6 квалітет точності та шорсткість R_a = 0,63 мкм. Обробка шийок валів, що негартуються, звичайно обмежується чистовим точінням. Чистове точіння шийок валів виконується на токарно–гвинторізних верстатах і токарних гідрокопіювальних напівавтоматах. Шліфування (чорнове і чистове) здійснюється на круглошліфувальних верстатах методом повздовжньої чи поперечної подачі. Перший метод застосовується при великій довжині оброблюваної поверхні. Для шліфування коротких шийок, довжиною до 60 мм, доцільно використовувати другий метод. Врізним шліфуванням обробляються також ступінчасті, конічні і фасонні поверхні, для чого шліфувальний круг повинен мати відповідну форму. У великосерійному і масовому виробництвах для обробки ступінчастих валів широко користуються багатокруговим шліфуванням методом врізання (з використанням торцешліфувальних верстатів).

Точність форми шийок вала залежить від стану центрових гнізд. Для підвищення точності перед чистовим шліфуванням центрові гнізда правлять за допомогою конусного абразивного круга або за допомогою притирання.

У серійному і масовому виробництвах високу продуктивність при обробці валів забезпечує застосування безцентрового шліфування, що може здійснюватися з поздовжнім чи з поперечним врізанням. На безцентрове шліфування залишається припуск значно менший, ніж на шліфування в центрах, тому що непотрібно компенсувати похибку встановлення. Шліфування напрохід застосовується при обробці гладких довгих і коротких валів, врізне шліфування – при обробці ступінчастих і конічних. При безцентровому шліфуванні може бути здійснена автоматизація завантажувальної операції.

При використанні в якості заготовок прутків з холоднотягнутої сталі 10 квалітету точності можна обмежитися припуском 0,2 мм на діаметр і виготовляти гладкі вали шляхом виправлення та різання заготовок, а також їхньої наступної обробки методом безцентрового шліфування. При цьому досягається 7–8 квалітет точності. При підвищених вимогах до якості обробки, коли необхідно отримати поверхню з R_a = 0,63–0,32 мкм, застосовують такі фінішні методи обробки, як суперфінішування, полірування, накатування кульками чи роликами, вигладжування.

У автомобілях застосовуються передачі, в яких використовують деталі у виді вала-шестерні з циліндричними чи конічними зубами. Крім звичайних конструктивних елементів у виді буртів, шліців, різьб, на цих деталях є зуби, що утворюють шестерню. Технологічний процес токарної обробки такої деталі

аналогічний обробці ступінчастого вала. Відмінність полягає в тому, що перед термічною обробкою і виконанням чистових і фінішних операцій здійснюються операції нарізування зубів. Вибір методу обробки зубів залежить від конструктивно-технологічних особливостей деталі (циліндричні чи конічні зуби, місця розташування зубів, модуля, ступеня точності, річної програми випуску та ін.).

На валах можуть зустрічатися такі конструктивні елементи, як лиски, квадрати. Лиски і квадрати обробляються на горизонтальних фрезерних верстатах у центрах з використанням ділильних головок (одношпиндельних і багатошпиндельних).

На валах розрізняють отвори двох основних типів: глибокі мастильні (осьові і похилі) і короткі (радіальні) для кріпильних деталей (штифтів, шплінтів та ін.). Глибокі отвори свердлять на спеціальних горизонтальних свердлильних верстатах, а радіальні – на вертикально-свердлильних.

Технічний контроль валів передбачає перевірку діаметрів і довжин шийок і ступінчастих довжин ділянок, биття шийок валів щодо осі, перевірку окремих конструктивних елементів валів: шліцьових поверхонь, шпонкових пазів, різьб, галтелей та ін. Цю перевірку здійснюють граничними скобами, шаблонами, шліцьовими і різьбовими калібрами. Для виявлення биття шийок валу його встановлюють на призми базовими шийками, а щуп індикатора ставлять на поверхню контролю. Різниця найбільшого і найменшого показів індикатора при провертанні вала на один оберт, визначає биття поверхні. Паралельність шліців вісі валу визначають індикатором в двох крайніх положеннях при встановленні вала на призмах або центрах. Крім цього, здійснюється контроль твердості деталей після термічної обробки і дефектоскопія.

В автомобілебудуванні при серійному і масовому виробництвах контроль діаметрів валів виконується за допомогою граничних скоб, індикаторних скоб; перевірка довжин ділянок – за допомогою граничних шаблонів чи лінійних скоб. При дрібносерійному виробництві використовують універсальний інструмент: штангенциркулі, мікрометри, лінійки. Контроль биття шийок валів здійснюється після встановлення вала в центрах чи на призмах. Биття визначається за допомогою приладу індикаторного типу. Для перевірки радіусів галтелей застосовуються шаблони. Шліцьова ділянка вала контролюється за допомогою граничних калібрів. Граничними скобами перевіряються зовнішній і внутрішній діаметри (якщо вони підлягають контролю) і ширина гребеня. Крім цього, за допомогою прохідного комплексного шліцьового кільця здійснюється перевірка правильності взаємного розташування окремих елементів профілю. Шпонкові пази контролюються плоскими граничними калібрами; різби на валах – граничними різьбовими кільцями: прохідного – повного профілю і непрохідного – скороченого профілю.

Виготовлення колінчастих осей і валів

Колінчасті вали та осі автомобілів за конструктивно–технологічними ознаками можна розділити на два типии: осі та вали виготовлені з круглого прокату шляхом гнуття, а також осі та вали виготовлені гарячим штампуванням. Перші мають щоки круглого січення, а діаметр їх рівний діаметру корінних і шатунних шийок. Другі мають щоки некруглого січення, утворені при штампуванні. Колінчасті осі та вали, як правило, мають малу жорсткість у звязку з великим відношенням довжини до діаметра (що досягає 30 і більше) і великим радіусом кривошипа. Так, при діаметрі вала 30 мм радіус кривошипа може досягати 110 мм і більше. Нежорстка конструкція осей та валів створює ускладнення при механічній обробці. Осі та вали виготовляються зі сталей 30, 35, 40, 45 та інших. Шийки під підшипники ковзання виконуються по 8–11 квалітетах точності із шорсткістю R_z = 10–20 мкм. Для встановлення підшипників кочення шийки обробляються по 6 квалітету точності із шорсткістю R_a = 1,25–2,5 мкм. Ділянки шийок під гумові ущільнення поліруються до отримання шорсткості R_a = 0,63–1,25 мкм.

Осі та вали з щоками круглого січення (рис. 6.2) виготовляють з круглої каліброваної сталі 9–11 квалітетів за допомогою гнуття. Перед гнуттям заготовка необхідної довжини (рис. 6.3) піддається на окремих ділянках механічній обробці: знімають фаски на торцях, фрезерують шпонкові пали та лиски, полірують шийки. Потім підготовлена заготовка піддається точному гнуттю на спеціальній установці з місцевим нагріванням СВЧ. На деяких осях і валах цього типу для обмеження довжини шийок встановлюються шайби, котрі перед гнуттям насаджуються на вісь (вал) і по закінченні гнуття приварюються до нього.

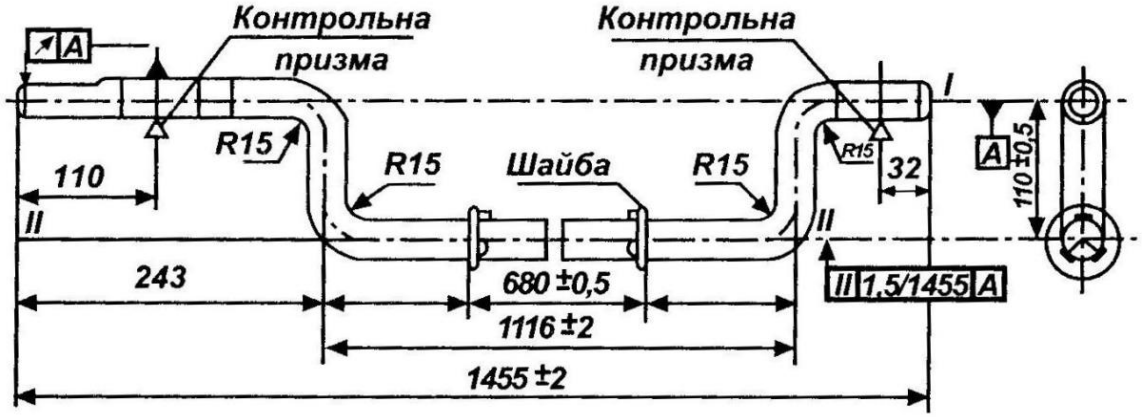


Рисунок 6.2 − Гнута колінчаста вісь

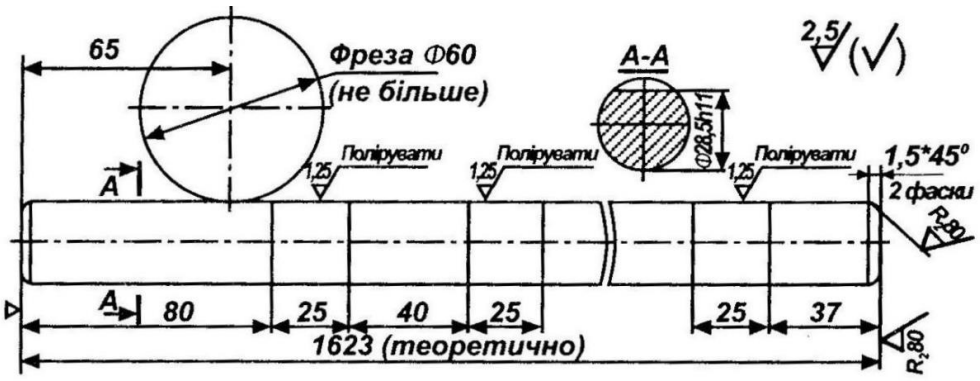


Рисунок 6.3 − Заготовка колінчастої осі

Для контролю співвісності кінців осі (вала) і корінних шийок проводиться перевірка биття осі (вала) шляхом встановлення її на контрольні призми в місцях, відзначених на кресленні. Допускається биття на кінцях осей (валів) не більше 0,5 мм. Осі та вали другого типу, з некруглими щоками (рис. 6.4) після штампування піддаються механічній обробці. Спочатку фрезерують торці вала і свердлять центрові отвори для обробки шийок. Потім проточують корінні та шатунні шийки, фрезерують шпонкові пази. Корінні та шатунні шийки остаточно шліфуються або поліруються. Шийки валів, що потребують термічної обробки, гартуються перед шліфуванням. У зв'язку з малою жорсткістю валів застосовуються методи та пристосування, що забезпечуюь малий прогин оброблюваної заготовки. На рис. 6.5 зображена схема центрування колінчастого вала. Розташування центрів на щоках вала забезпечує малу деформацію оброблюваної ділянки.

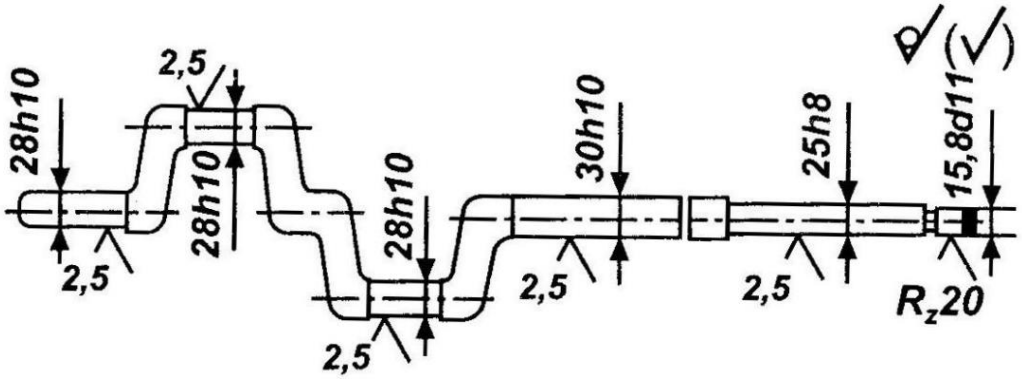


Рисунок 6.4 − Штампований колінчастий вал

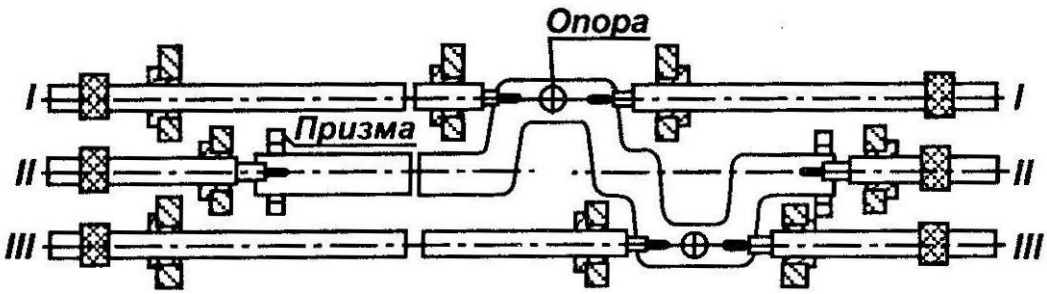


Рисунок 6.5 − Центрування колінчастого вала (*I–I*, *II–II*, *III–III* – осі центрів)

6.2. Технологія виготовлення втулок і вкладишів

До класу «втулки» відносяться деталі, що представляють собою тіла обертання з концентричними зовнішніми і внутрішніми поверхнями, розміри яких по довжині одного порядку з діаметральними розмірами (рис. 6.6).

Деталі класу «втулка» можуть мати різну конфігурацію: бути або ступінчастими, з буртами (часто не круглої форми) або без них, з циліндричними, конічними або фасонними поверхнями обертання й т.д. Різноманітні розміри втулок й матеріали, що застосовуються для їх виготовлення, конструктивне призначення деталей та їхнє найменування: втулки, гільзи. вкладиші, кришки, маточини ін. Але основними конструктивними елементами всіх цих деталей є зовнішні, внутрішні й торцеві поверхні обертання, що мають загальну вісь, а всі інші елементи (пази, отвори кріплення, лиски інше) виконують допоміжну роль.

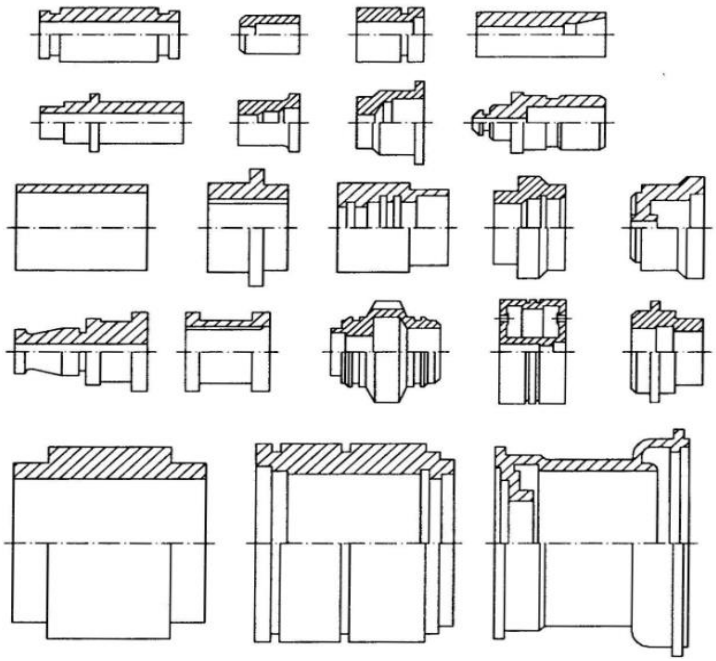


Рисунок 6.6 − Деталі класу «втулка»

Як і при обробці деталей класу «вали», технологія виготовлення деталей класу «втулки» розбивається на два етапи: а) обробка зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь обертання; б) обробка допоміжних конструктивних елементів деталей.

Для виготовлення деталей класу «втулки» в автомобілебудуванні застосовується широке коло матеріалів: вуглецеві сталі стандартної якості, якісні вуглецеві сталі, леговані сталі, бронза, чавуни різних марок та ін. Втулки піддають покращенню або гартують їх окремі частини, посадочні місця тощо, а при невеликих розмірах – всю деталь повністю. Посадочні поверхні втулок оброблюються по 8–11, рідше по 7–му квалітету. Поверхні, які обробляються, але не спрягаються, виконуються по 14–му квалітету. Заготовками для виготовлення деталей класу «втулки» служать заготовки отримані штампуванням, калібрований прокат, труби, виливки тощо.

На механічну обробку заготовки для втулок, як і для валів, можуть подаватися у виді групових, або штучних заготовок. Технологічний маршрут механічної обробки деталей класу «втулки» складається з наступних операцій: 1) токарні операції, що формують основні поверхні деталі; 2) операції, що служать для утворення додаткових конструктивних елементів деталей (кріпильних отворів, пазів, лисок, різьбових поверхонь і ін.) або для забезпечення особливих вимог креслення й технічних умов: протяжні, шліфувальні, фрезерні, операції обробки

шліцьових і шпонкових поверхонь, свердлильні, різьбонарізні; 3) слюсарні операції; 4) контрольні операції.

Токарна обробка втулок

Головна особливість токарної обробки деталей класу «втулки» полягає в тому, що технологічна задача отримання основних конструктивних елементів деталей зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь обертання ускладнюється необхідністю забезпечення, крім заданих розмірів оброблюваних поверхонь, ще й досить високою їхньою концентричністю або взаємною перпендикулярністю. Існує три основних виконання токарної обробки втулок, з погляду послідовності обточування їх поверхонь обертання: а) обробка зовнішніх й внутрішніх поверхонь за один установ; б) послідовна обробка спочатку зовнішніх, а потім внутрішніх поверхонь з перестановкою деталі; в) послідовна обробка спочатку внутрішніх, а потім зовнішніх поверхонь з перестановкою деталі. На практиці виготовлення деталей класу «втулки» часто буває неможливо завершити цілком токарну обробку деталі, використовуючи лише один з перерахованих методів у його чистому виді. Наявність великої кількості концентричних поверхонь обертання, складність конфігурації деталі, мала її твердість і ряд інших факторів змушують застосовувати різні варіанти побудови плану токарної обробки втулок. Однак, вони завжди являються лише комбінацією трьох основних методів, сутність й основні особливості яких полягають у наступному.

Обробка за один установку в більшості випадків є найбільш безпечним засобом забезпечення строгої концентричності зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталі й перпендикулярності її торцевих поверхонь до поздовжньої осі, тому що ступінь концентричності поверхонь деталі в цьому випадку залежить тільки від жорсткості системи ВПІД. При інших рівних умовах методу обробки за установ завжди варто віддавати перевагу перед всіма іншими. Повне оброблення всіх поверхонь деталі за одну установку відносно легко здійснюється лише при виготовленні втулок простої конфігурації – гладких або тих, що мають на зовнішній і внутрішній поверхнях обертання невелике число ступенів. При цьому бажано, щоб збільшення діаметрів ступенів й зменшення діаметрів ступінчатих отворів йшло в напрямку до передньої бабки верстата. Крім того, для здійснення такої обробки необхідний вільний доступ інструмента до всіх оброблюваних поверхонь. Це легко забезпечується при виготовленні деталі з групової заготовки, що затискається в патроні за ту частину прутка, що знаходиться поза межами зони обробки. При обробці деталі зі штучної заготовки цей метод здійснюють лише тоді, коли готова деталь має необроблені поверхні достатньої довжини, щоб їх можна було використовувати для її встановлення і закріплення.

Наявність значної кількості ступенів, складність конфігурації деталі, мала твердість викликають необхідність застосування пристосувань й велику концентрацію процесу, що в багатьох випадках є або небажаним, або взагалі неможливим. У подібних випадках токарну обробка деталей класу «втулки» приходиться будувати іншими методами, оброблюючи за один установ лише ті поверхні, концентричність яких відповідно до вимог креслення й технічних умов повинна бути витримана найбільше.

Суть методу послідовної обробки втулок, починаючи із зовнішніх поверхонь, полягає в тому, що на першій токарній операції оброблюються зовнішні поверхні деталі, які, надалі, при обробці внутрішніх її поверхонь використовуються в якості установочних. При цьому, якщо готова деталь, виготовлена із штучної виливки або штампуванням, повинна мати чорнові, необроблені поверхні, то в якості установочних на першій токарній операції необхідно вибирати саме ці чорнові поверхні, щоб забезпечити їхнє правильне розташування в готовому виробі відносно оброблених.

Проведення обробки деталей класу «втулки», починаючи із зовнішніх поверхонь, дозволяє застосовувати практично на всіх токарних операціях прості й надійні затискні пристосування: кулачкові та цангові патрони та ін. Якщо внутрішні поверхні деталі повинні бути оброблені з високою точністю при одночасному забезпеченні строгої їхньої концентричності зовнішнім поверхням, даний метод стає непридатним, оскільки він виключає використання таких способів обробки отвору, як розвертування й протягування, при використанні яких різальний інструмент направляється по отворі, що обробляється, та при цьому не гарантує отримання заданої концентричності. Застосування ж інших способів обробки отворів розточуванням, внаслідок зниженої твердості інструменту, не може забезпечити досить високу продуктивність.

Третій метод обробки деталей класу «втулки», є метод послідовної обробки, починаючи з внутрішніх поверхонь, який полягає в тому, що на перших операціях обробляється центральний отвір, який далі використовується як базова поверхня. Такий метод обробки втулок має ряд переваг: отвір, оброблений на перших операціях з високою точністю й продуктивністю, які досягаються при його розвертуванні або протягуванні, забезпечує точне й надійне базування деталі при наступному обробленні; затискні пристрої, які використовуються, – оправки прості й дешеві; твердість інструменту для обробки зовнішніх поверхонь деталі, що встановлена на оправці, достатньо висока й не вносить суттєвих похибок, які впливають на концентричність поверхонь деталі та ін.

Для токарної обробки деталей класу «втулки» застосовуються ті ж устаткування, що й для обробки валів: токарні верстати, револьверні верстати, токарно–відрізні одношпиндельні токарно-револьверні автомати, автомати поздовжнього точіння, вертикальні токарні багатошпиндельні пруткові автомати, токарні багатошпиндельні напівавтомати, а для обробки зовнішніх поверхонь – гідрокопірувальні напівавтомати і токарні багаторізцеві напівавтомати.

Крім того, для обробки втулок широко використовуються ще дві групи токарного устаткування: горизонтальні багатошпиндельні токарні верстати в патронному виконанні (моделі 1261П, 1262П й ін.) й вертикально токарні багатошпиндельні напівавтомати послідовної дії (моделі 1282, 1283, 1284 й ін.). Конструкція, принцип роботи й налагодження горизонтальних токарних багатошпиндельних патронних напівавтоматів повністю аналогічні конструкції, принципу роботи й налагодженням пруткових токарних багатошпиндельних автоматів моделей 1261, 1262. Основні розбіжності між ними полягають у тому,

що остання позиція напівавтоматів є завантажувальною і на ній не виконується обробка. При повороті шпиндельного блоку напівавтомата черговий шпиндель попадає в завантажувальну позицію, де його обертання зупиняється, і робочий знімає оброблену деталь і встановлює в патрон нову заготовку. Багатошпиндельні патронні напівавтомати відносно легко можна перетворити у верстати з автоматичним циклом шляхом установки на завантажувальній позиції магазину для заготовок й автооператора для завантаження заготовок й зняття деталей.

Вертикальні токарні багатошпиндельні напівавтомати послідовної дії відрізняються від роторних багатошпиндельних напівавтоматів тим, що колона напівавтоматів послідовної дії з встановленими на ній супортами нерухома, а стіл, що несе пристосування із закріпленими в них деталями, повертається на кожній позиції верстату в строго фіксованому положенні. Напівавтомати послідовної дії будуються в шести- або восьмипозиційному виконанні. Одна з позицій є завантажувальною, а на кожній з наступних виконуються різноманітні операції обробки деталі. Цикл обробки завершується тоді, коли деталь пройде обробку на кожній позиції й повернеться в завантажувальну зону, де її шпиндель зупиняється, робітник знімає готову деталь й встановлює чергову заготовку.

При виготовленні не склад–них деталей, що вимагають для своєї обробки невеликої кількості переходів, а, отже, й займають для цієї мети невелике число позицій верстата, використовується двоци–клове налагодження з подвійною індексацією стола (рис. 6.7). В цьому випадку на верстаті передбачаються дві завантажува–льні позиції, а стіл повертається відразу через одну позицію. При двоцикловому налагодженні верстата в кожному з двох циклів може вестися обробка однієї й тієї ж деталі за різними або однаковими операціями або обробка різних деталей.

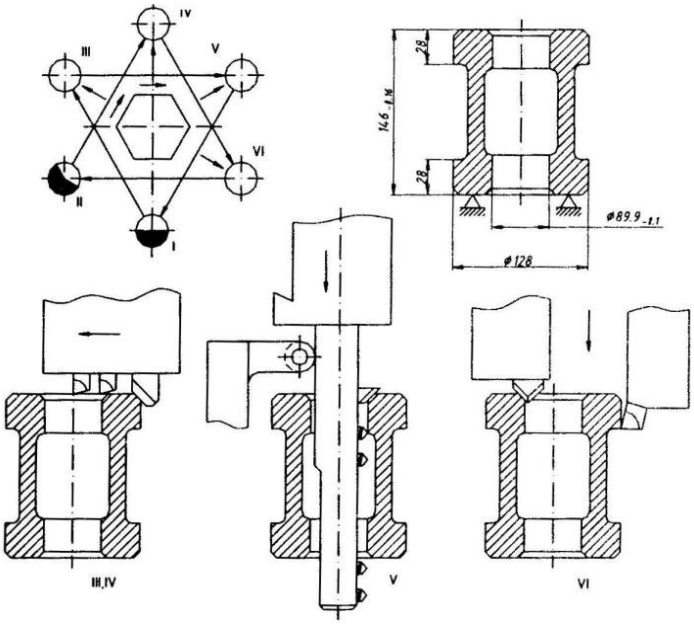


Рисунок 6.7 − Обробка на багатошпиндельному напівавтоматі з подвійною індексацією

6.3. Технологія виготовлення корпусних деталей

6.3.1. Функції корпусних деталей.

Корпуси і коробки виконують в автомобільній техніці роль базових деталей складальних одиниць. За їх допомогою в границях необхідної точності з’єднують і координують деталі складальної одиниці, яка має яке-небудь одне

функціональне призначення. Наприклад, корпус коробки діапазонів з'єднує і координує групу валів, їх опори, зубчасті колеса, важелі, вилки та інші деталі, призначені для фіксації передач, обертання їх з різними швидкостями і передачі крутних моментів різної величини. Корпус конічного редуктора з'єднує групу валів, їх опори, зубчасті колеса для передачі обертання і крутного моменту під кутом до вхідних параметрів. Корпус підшипника призначений для створення опори для обертового вала через підшипник. Ці приклади показують різницю функцій, які виконують корпусні деталі в автомобільній техніці. За конструктивним виконанням корпусні деталі автомобілів можна розподілити на корпуси суцільного виконання та корпуси складені.

За призначенням поверхні корпусних деталей поділяються на робочі, основні та допоміжні базові поверхні й вільні. *Робочими поверхнями* корпуса, при допомозі яких дана деталь виконує своє службове призначення, служать поверхні отворів під встановлення опор валів. *Основною базовою поверхнею* корпуса, при допомозі якої визначається положення його у вузлі, є поверхня установчої підошви або другої зовнішньої поверхні, якою він закріплюється в механізмі машини. *Допоміжними базовими поверхнями*, за допомогою яких визначається положення інших деталей у вузлі відносно даної деталі, є бокові плоскі поверхні, поверхні кріпильних отворів під гільзи, кришки та інші деталі. *Вільні поверхні* – це поверхні, які не виконують ніякого призначення, але необхідні для отримання замкнутого геометричного контуру деталі.

Аналіз цільового призначення корпусних деталей в розмірних ланцюгах машин показує, що найбільш висока точність взаємного положення (паралельність, співвісність, перпендикулярність) і відстані повинна бути забезпечена між робочими і допоміжними базуючими поверхнями.

6.3.2. Технічні вимоги і норми точності

Різновидність функцій визначає і різновидність технічних вимог і норм точності на відповідні корпусні деталі.

Більшість корпусів сучасних машин відливають із сірого чавуну. Більш навантажені корпусні деталі виготовляють з ковких або високоміцних чавунів. При виготовленні одиничних машин корпусні деталі іноді виконують зварними з метою скорочення циклу їх виготовлення і зменшення собівартості з причини великої підготовки виробництва.

В залежності від розміру партії випуску корпусні деталі формують по дерев'яних або металевих моделях вручну або за допомогою машин, що значно впливає на величину припусків на обробку. Зрозуміло, що при машинному формуванні припуски на обробку менші, однак при недостатньо доброму догляді за моделями і опоковим господарством вони достатньо сильно зростають, що вимагає необхідності в додатковій кількості проходів під час обробки і призводить до підвищення витрат матеріалу.

Отвори в корусних деталях виливають, але при діаметрах менших 40–50 мм, як правило, не виливають, бо їх обробка значно ускладнена й трудомістка з причини нерівномірності припуску і малих діаметрів оправок для різального інструменту, внаслідок чого обробку доводиться проводити на понижених режимах різання. Нерідко в литих отворах малих діаметрів з'являються

раковини, які є причиною браку. Крім цього, нявність близько розміщених литих отворів великих діаметрів в одних стінках при відсутності таких отворів в інших, різкі переходи у товщині стінок і нерівномірності охолодження виливок є причиною виникнення внутрішніх напружень.

Точність взаємного розташування поверхонь, які утворюють основні і допоміжні бази корпусів, визначаються на основі вибраних методів вирішення тих розмірних ланцюгів, ланками яких є відповідні відстані, розміри або координати розміщення поверхонь корпусів. Наприклад, точність відстаней і розміщення осей отворів корпусних деталей встановлюють на основі розрахунку розмірних ланцюгів, за допомогою яких забезпечується необхідна для нормальної роботи точність зачеплення зубчастих коліс.

Похибки розмірів поверхонь тих отворів корпусів, які служать опорами для валів, не повинні виходити за межі допусків 6–7 квалітету точності. Допуски на відхилення від перпендикулярності опорних торців до осей отворів мають величини порядку 0,02–0,05 мм на 100 мм довжини радіуса. Допуски на відхилення від співвісності отворів не повинні перевищувати половину допуску на діаметр меншого із цих отворів. Допуск на відстань між плоскими поверхнями, які утворюють опорні бази, розміщені перпендикулярно до осей отворів, встановлюються в залежності від вибраних методів вирішення відповідних розмірних ланцюгів і рідко перевищують 0,2–0,5 мм. Допуски на діаметри отворів під затискні болти, звичайно, не перевищують 0,2–0,4 мм.

Із приведених вище середніх величин допусків на розміри корпусних деталей і розміщення їх поверхонь видно, що вимоги, які необхідні корпусним деталям, в більшості випадків реалізуються обробкою за типовими технологічними маршрутами виготовлення деталей та на обладнанні нормальної точності.

6.3.3. Маршрут обробки та технологічні бази

Раніше вказувалося, що послідовність обробки поверхонь деталей та у відповідності з цим і вибір технологічних баз залежить від точності тих зв’язків між поверхнями, які повинні бути забезпечені в результаті обробки.

Як показують відповідні розрахунки і підтверджує досвід, найбільша точність взаємного розміщення всіх поверхонь, які утворюють основні і допоміжні бази корпусів, отримується в тому випадку, коли в якості технологічних баз використовуються основні бази останніх. Пояснюється це в значній мірі тим, що основні бази корпусних деталей, відрізняючись від допоміжних, як правило, більшими габаритними розмірами і більшою простотою геометричних форм поверхонь, забезпечують найменші величини похибки встановлення. У поєднанні з координатним методом досягнення точності це призводить до найменших помилок взаємного розміщення поверхонь і розмірів, які їх зв’язують.

Таким чином, в якості технологічних баз при обробці всіх інших поверхонь корпусної деталі доцільно в більшості випадків використовувати поверхні основних баз, які і необхідно для цього на першій або одній з перших операцій. Доцільність такої послідовності обробки підтверджується також і

тим, що поверхні основних баз в більшості корпусних деталей відносяться до категорії поверхонь, які не піддаються зношенню. Питання про вибір технологічних баз на першій операції необхідновирішувати виходячи з вимог виконання двох суттєво важливих умов: 1) забезпечення рівномірного розподілу припуску на обробку на поверхнях отворів під встановлення опор валів; 2) забезпечення достатньої величини зазорів між деталями, які монтуються в середині корпусної деталі, і її необроблювальними стінками.

Виходячи зі всього раніше викладеного, обробку корпусних деталей необхідно вести у відповідності з типовим технологічним маршрутом, приведеним в таблиці 6.1. Із операцій технологічного маршруту видно, що обробка всіх поверхонь, до яких конструктивно закладені найбільш високі вимоги щодо точності розміщення, відстані до інших поверхонь, правильності форми і шорсткості ведеться з розділенням на чорнову, чистову та фінішну обробку. Причому остання, як правило, виділяється в окрему операцію, яка виконується на окремому верстаті. Така диференціація обробки дозволяє зменшити деформацію деталей, які викликають сили стискування, різання, внутрішні напругження і нагріттям деталі в процесі обробки.

Таблиця 6.1 −Типовий технологічний маршрут обробки корпусних деталей

№ з/п	*Операція*	*Технологічна база*
1.	Чорнове і чистове фрезерування роз'ємної площини, паралельної зовнішній поверхні.	Поверхня периметру виступу для з'єднання.
2.	Свердління отворів для з'єднання двох половин корпусу.	Поверхня периметру виступу з упором по внутрішньому контуру.
3.	Складання двох половин.	
4.	Чорнове і чистове фрезерування підошви кріплення корпусу.	Поверхні отворів під опори валів, поверхня периметра виступів.
5.	Свердління отворів в підошві для кріплення корпусу, розвертування двох базових отворів.	Поверхня підошви, отвори під опори валів.
6.	Чорнове і чистове фрезерування бокових поверхонь.	Поверхня підошви, базові отвори в підошві.
7.	Чорнове і чистове фрезерування верхньої поверхні.	–//–
8.	Чорнове і чистове розточування отворів під опори валів.	–//–
9.	Алмазне розточування отворів під опори валів.	–//–
10.	Обробка отворів для кріплення в бокових площинах.	Поверхні основних баз.
11.	Обробка отворів для кріплення в інших площинах.	Поверхні основних баз.
12.	Нарізання різей в отворах.	Поверхні основних баз.

По мірі підвищення вимог до точності корпусної деталі технологічний маршрут обробки будують на все більшій диференціалізації чорнової, чистової та фінішної обробки, і навпаки – при пониженні вказаних вимог всі три види обробки нерідко поєднують і виконують на одній і тій же операції, і, відповідно, на одному і тому ж верстаті. Нерідко конструктивні особливості вносять суттєві зміни в приведений вище типовий технологічний маршрут обробки корпусної деталі, що призводить до ускладнення чи спрощення технологічного маршруту. Прикладом цього служить конструкція корпуса підшипника, хоча загальні принципи побудови технологічного маршруту зберігаються.

На рис. 6.8 схематично показаний приклад інструмен–тального забезпечення техноло–гічного процесу обробки корпусу коробки діапазонів.

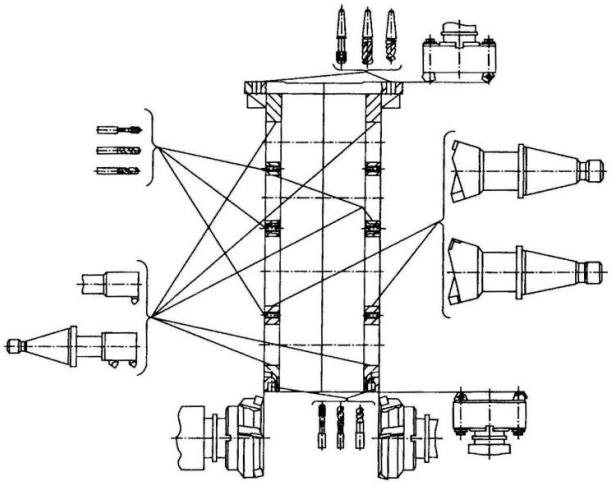


Рисунок 6.8 − Схема інструментального забезпечення

6.3.4. Контроль корпусних деталей

В більшості корпусних деталей перевіряють:

– прямолінійність і правильність розміщення основних (базових) площин;

– розміри і форми основних отворів;

– міжосьові відстані, паралельність і перекос осей;

– правильність розміщення осей отворів відносно основних поверхонь;

– неперпендикулярність осей основних отворів;

– неперпендикулярність торцевої поверхні відносно осі отвору;

– шорсткість обробки поверхонь основних отворів, основних та інших поверхонь.

Основні схеми контролю корпусних деталей наведені на рис. 6.9, де: а) перевірка отвору штихмасом з індикатором; б) і в) перевірка співвісності отворів; г) перевірка міжосьової відстані і непаралельності осей

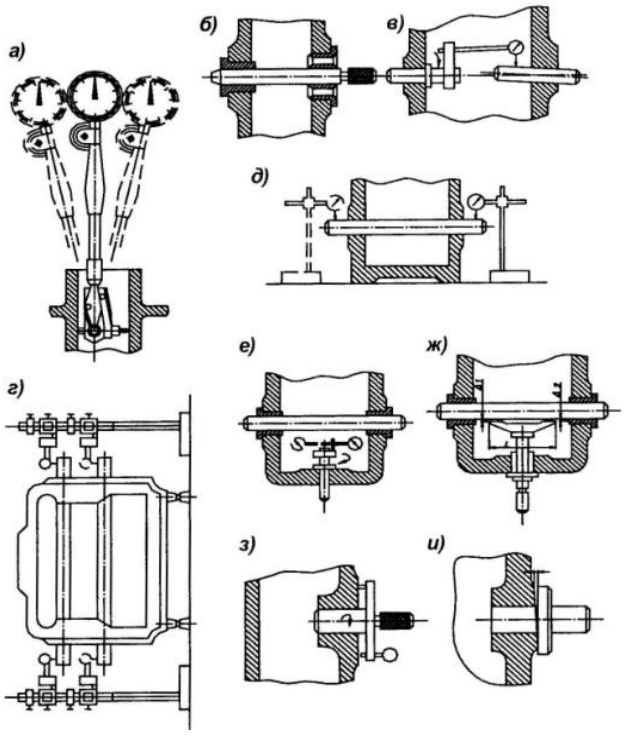


Рисунок 6.9 − Контроль корпусних деталей

отворів; д) перевірка розташування осі отвору відносно основної поверхні; е) і ж) перевірка неперпендикулярності осей отворів; з) і к) перевірка неперпендикулярності торцевої площини відносно осі отвору.

6.4. Технологія виготовлення деталей приводів і трансмісій

Технологія виготовлення та складання ланцюгів

У автомобілях застосовують крючкові (литі та штамповані), комбіновані і втулочно-роликові ланцюги, рис. 6.10. Вони використовуються для передачі крутного моменту між валами при великій відстані між ними і як елементи транспортерів. Крюкові штамповані ланцюги застосовуються при середніх навантаженнях і швидкостях. Штампування забезпечує високу точність виготовлення ланок ланцюга. Вони виготовляються зі сталі 30Г, що поставляється у виді холоднокатаної стрічки товщиною 3 і 2,6 мм. За умов технології штампування стрічка для ланцюгів у початковому стані повинна володіти дуже високою пластичністю і разом з тим доброю здатністю до загартування для забезпечення міцності та зносостійкості.

Ланки ланцюгів працюють в умовах пульсуючого навантаження, тому їхній матеріал повинен мати високу межу міцності. Ланки піддаються термічній обробці шляхом загартування сталі з нагріванням до 850–880°С. Твердість ланок ланцюга повинна знаходитися в межах HRC 33–45. Зусилля, що розвиває ланцюг із кроком 38 і 41,3 мм, повинно бути не нижче 9000Н, а ланцюга з кроком 30 мм – не менше 6000Н.

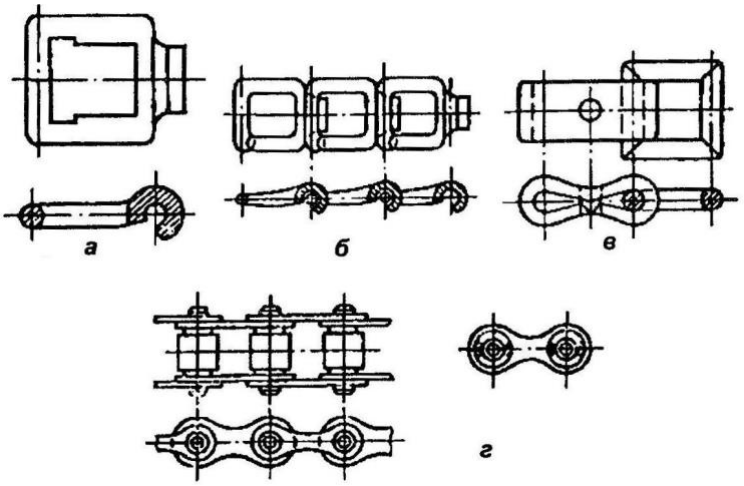


Рисунок 6.10 − Ланки ланцюгів:
а) лита ланка крюкового ланцюга;
б) штамповані ланки крюкового ланцюга;
в) ланки комбінованого ланцюга; *г*) ланки втулочно–роликового ланцюга

Крючковий штампований ланцюг виготовляється без відходів з холоднокатаної стрічки січенням 36×3 мм. Литі ланки крючкових ланцюгів виготовляються з ковкого чавуну.

Втулочно-роликові ланцюги стандартизовані і широко застосовуються в народному господарстві. Вони випускаються великою кількістю в рік, тому виготовлення деталей і складання ланцюгів проводиться на автоматичних верстатах і лініях. Матеріалами для деталей ланцюгів автомобілів служать: для пластин – холоднокатана стрічка зі сталей 45, 50, 40Х; для осей втулок і роликів – цементовані сталі 15, 20, 15Х, 20Х та інші із загартуванням до HRC 50–65. Виготовлення пластин із двома отворами проводиться штампуванням на вирубних штампах. Осі, втулки і ролики обробляються на токарних

багатошпиндельних автоматах і безцентрово–шліфувальних верстатах. Складання втулочно-роликових ланцюгів автоматизоване. На рис. 6.11 зображена послідовність виконання операцій на автоматичній лінії складання втулочно-роликових ланцюгів. Технологічний процес складання охоплює шість операцій: I – вкладання втулки 2 у ролик 1; II – складання котушки (запресовування втулок у внутрішні нластини 3); III – розвальцьовування котушки; IV – вкладування осей 4 у котушки; V – складання ланцюга (запресовування осей у зовнішні пластини 5); VI – розклепування (розва–льцьовування) осей зібраного ланцюга на спеціальній установці. Для виконання різних операцій при складанні деталей ланцюга, забезпечення їхнього взаєм–нго розташування і закріпле–ння додатково застосовують–ся спеціальні автоматично діючі механізми.

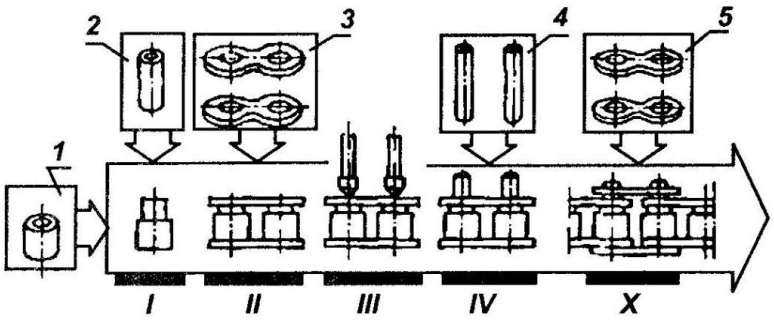


Рисунок 6.11 − Послідовність виконання операцій на автоматичній лінії складання втулочно–роликових ланцюгів

Технологія виготовлення зірочок

Зірочки ланцюгових передач в залежності від умов їхньої роботи виготовляються із сірих чавунів СЧ15, СЧ18, СЧ21 середньовуглецевих і легованих сталей 35Л, 40, 45, 50, 15Х, 20Х, 40Х, 40ХМ, 35ХГСА та ін.

Чавунні зірочки використовують при малих швидкостях і невеликих передаючих навантаженнях, стальні – при високих швидкостях і великих навантаженнях. Пластмасові матеріали (капрон, поліуретан) використовуються тільки для виготовлення натяжних зірочок, що не передають крутних моментів.

Технологія виготовлення зірочки залежить від матеріалу і технічних вимог, що ставляться до конструкцій зірочок. До основних способів формування зубів зірочок відносяться фрезерування, штампування, накатування, лиття і спікання.

Зірочки з чавуну відливаються з готовими зубцями, і обробці піддаються тільки отвори в ступиці та її торці. У стальних зірочок зуби фрезерують або накатують. Гаряче накатування зубів зірочок має широке застосування. Заготовка виготовляється зі стального листа товщиною до 6 мм методом штампування. Шпонкову канавку в ступиці обробляють протягуванням шліцевою протяжкою. Кріпильні та стопорні отвори свердляться на вертикально–свердлильному верстаті з нарізуванням різі мітчиками.

В більшості випадків зірочки одержують фрезеруванням, що забезпечує певну точність зубчатого вінця. Процес фрезерування здійснюється копіюванням профілю інструменту (дисковою або пальчиковою фасонними фрезами) або обкатуванням за допомогою червячної фрези, профіль якої розраховується в кожному окремому випадку. Продуктивність і точність (особливо по кроку) методу копіювання понижені. Для отримання теоретично

точної форми зубів необхідно мати число фрез, що відповідає можливому числу зірок з різною кількістю зубів. Практично для нарізання зірок із зубами кожного кроку використовують комплекти інструментів з трьох фрез в наступному порядку: № 2 – Z – 9–11, № 3 – Z – 12–17, № 4 – Z – 16–35.

Основне застосування має метод обкату. При цьому методі процес нагрівання неперервний, що забезпечує підвищену продуктивність у порівнянні з методом копіювання.

Значно підвищується продуктивність при штампуванні зубів зірок. Це високопродуктивний спосіб утворення зірочок (продуктивність його в 20 раз вища ніж при зубофрезеруванні) дозволяє значно економити метал, підвищити міцність, зносостійкість зуба внаслідок зміцнення поверхні. Крім того, механічна обробка заготовок, отриманих обробкою тиском, часто зводиться лише до доведення розмірів і покращення якості поверхонь деталей. Впровадження нових технологічних процесів обробки тиском приводить до отримання виробів із значно більш високими міцністними характеристиками і зносостійкістю, ніж це є можливо при застосуванні процесів різання на завершальній стадії обробки.

Розглянемо технологічний процес і конструкцію штампа для штампування зубів зірочки в закритому штампі на гарячоштампувальних пресах. Значне розповсюдження цих процесів для об’ємного штампування пояснюється наступними їх перевагами перед молотами.

1. Більш високим ККД.
2. Більш високою продуктивністю за рахунок скорочення числа ударів в кожному рівчаку до одного.
3. Підвищеною точністю даних поковок.
4. Збільшення коефіцієнта використання металу.
5. Покращення умов праці.
6. Зниження собівартості продукції.

В штампі розміщенні верхній і нижній пуансони, верхня і нижня напівматриці. Формоутворення зубів проходить в зубчастій матриці. Поковка з рівчаків видаляється виштовхувачем. Матриця штампа інтенсивно охолоджується водою, що циркулює в канавках.

При штампуванні в закритих штампувальних рівчаках необхідно передбачити можливість видавлювання залишкового об’єму заготовки. В даному випадку залишковий об’єм концентрується в перемичці отвору.

Для підвищення зносостійкості зубів в умовах інтенсивного абразивного зношення зірочки піддають термічній обробці. Типовими операціями первинної термічної обробки заготовок є відпалювання і нормалізація. **Відпалювання** заготовок полягає в нагріві з витримуванням і охолодженням у печі. Відпалювання досягається перекристалізацією сталі до отримання її рівноважного стану, для покращення пластичності і в’язкості, пониження твердості, усунення залишкових напруг і подрібнення зерна, якщо воно більшає в результаті тривалого перебування сталі при високій температурі. **Нормалізація** полягає в нагріванні металу при температурах вище температури кристалічних точок з подальшим охолодженням на повітрі. Нормалізація більш

проста термічна обробка, ніж відпалювання, і замінює його у випадку застосування низько– і середньовуглицевих сталей (до 0,4% С). Сталі з більшим вмістом вуглецю при нормалізації не одержують таких самих властивостей, що при відпалюванні. Після загартування і відпуску зірочки з сірого чавуну повинні мати твердість зубчатого вінця НВ 320–430. Зубчатий вінець стальної зірочки гартується на глибину 2–3 мм до твердості HRC 35–50 при нагріванні СВЧ. Після термічної обробки зубів необхідно прокалібрувати отвір прошивкою на пресі. Приклади застосування матеріалу для зірочок відображено в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 −Приклади застосування матеріалу для зірочок

Марка матеріалу	*Термічна обробка*	*Твердість*	*Рекомендована область застосування*
Сталь 10, 15, 20 ГОСТ 1050–74	Цементація, гартування, відпуск.	HRC 45–50	Для ведучих зірочок з малим числом зубів (Z<30) при великих швидкостях і середніх потужностях.
Сталь 40, 45, 50 ГОСТ 1050–74	Гартування, відпуск	HRC 45–50	Для ведучих і ведених зірочок (Z<40), що працюють без різних поштовхів і ударів. При несприятливих умовах у відношенні зносу.
Сталь 15Х, 20Х ГОСТ 4543–71	Цементація, гартування, відпуск	HRC 45–50	Для ведучих зірочок (Z<30) відповідального призначення при роботі з динамічними навантаженнями і при великих передавальних навантаженнях.
Сталь 40Х, 40ХМ ГОСТ 4343–71	Гартування, відпуск.	HRC 45–50	Для ведучих зірочок відпові–дального призначення при застосуванні металу підвищеної якості, де вимагається висока зношуваність і міцність зубів зірочки.

Чорнову обробку отвору зірочки виконують на токарно–револьверних, токарних напівавтоматах. Степінь спеціалізації обладнання визначається типом виробництва. За установочну базу використовують зуби зірочки. Чистову обробку отвору виконують на протяжних верстатах. Шпоночні пази в отворах зірочки обробляють протягуванням на протяжних верстатах за один або два проходи в залежності від глибини пазу. Характеристики і технологічний маршрут обробки зірочки представлено в табл. 6.3 і 6.4.

Таблиця 6.3 − Характеристики зірочки

Число зубів		Z	9
Спряжений ланцюг	Крок, мм	t	38,1
	Діаметр ролика, мм	Д	22,23
Клас точності по ГОСТ 591–69		–	3
Радіальне биття кола впадин, мм		Ео	0,63
Торцеве биття зубчатого вінця, мм		–	0,63
Діаметр ділильного кола, мм		$d_д$	111,4

Таблиця 6.4 − Технологічний маршрут обробки зірочки

Вид заготовки	*Матеріал*	*Розмір заготовки, мм*	*К–сть деталей із заготовок*
Прокат круг Ø60	Сталь 40Х	Діам. 60х130	1
Операція	Зміст операції	Обладнання (верстат)	Оснащення
I	**Нагрівання** Нагріти до t – 1200^{0}С	Установка ИК1–250/2.4	Індуктор
II	**Штампування**	Прес К2538	Штамп
III	**Термічна**		
1.	Токарна. Свердління, розсвердлювання, розточування, зенкування отв. діам. 51Н11. Розточка фаски розмір 1х45 мм.	Токарний напівавтомат 1Б265П–6К	Спецкулачки, патрон 3–х кулачковий
2.	Горизонтально–протяжна. Протягнути отвір діам. 52К7	Горизонтально.–протяжний 7Б55	
3.	Токарно–гвинторізна. Розточити дві канавки b = 1,9 мм	Токарно–гвинторізний 16К20 –//–	Спецкулачки, патрон 3–х кулачковий.
4.	Токарно–гвинторізна. Розточити фаску 1х45		–//–
5.	Прошивка деталей.	Установка ТВЧ	Індуктор
6.	Термічна. Гартування зубів на ТВЧ h>2,5 мм HRC 40–50	Прес П6324	Підставка
7.	Калібрування. Калібрувати отвір діам. 52К7		

Примітка. Зубчатий вінець гартувати з нагрівом ТВЧ по всьому контурі на глибину не менше 2,5 мм до HRC 40–50.

На торцях ступиць зірочок іноді конструкцією передбачаються кулачки – прямі або зі скосом (храпові), поверхні яких зазвичай виготовляють відливкою і не обробляються.

На рис. 6.12 зображена зірочка з листової сталі 40. Обробка цієї зірочки може виконуватися у такій послідовності: після вирубування по зовнішньому та внутрішньому контурах розточують отвір діаметром 38Н11 і знімають фаски. Потім, встановивши заготовку в опраку, проводять обточування по зовнішньому діаметрі зубцевого вінця й обробляють радіусні скоси із двох сторін. Після свердління чотирьох отворів зуби фрезерують і проводять термічну обробку вінця з нагріванням СВЧ до твердості HRC 40–50 на глибину не менше 2,5 мм.

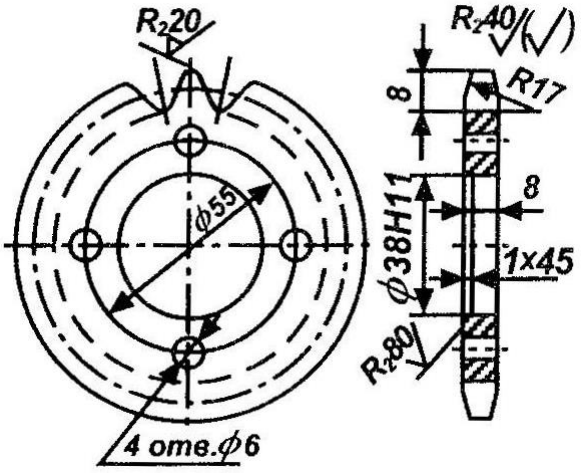


Рисунок 6.12 − Зірочка з листової сталі

Технологічний процес виготовлення привідних шківів машин

Загальні відомості. Шківи відносяться до деталей класу «диски». Вони є однією з найбільш масованих привідних деталей машин. В автомобілебудуванні використовує–ться значна кількість типорозмірів з одно або багато профільними клиновидними пазами (рис. 6.13). Технологічні завдання при виготовленні шківів – досягнення концентричності внутрі–шніх і зовнішніх циліндричних поверхонь і перпендикулярності торців до осі деталі. Крім того, у ряді випадків необхідно отримати точні внутрішні і зовнішні поверхні фасонів, зубчатих і криволінійних.

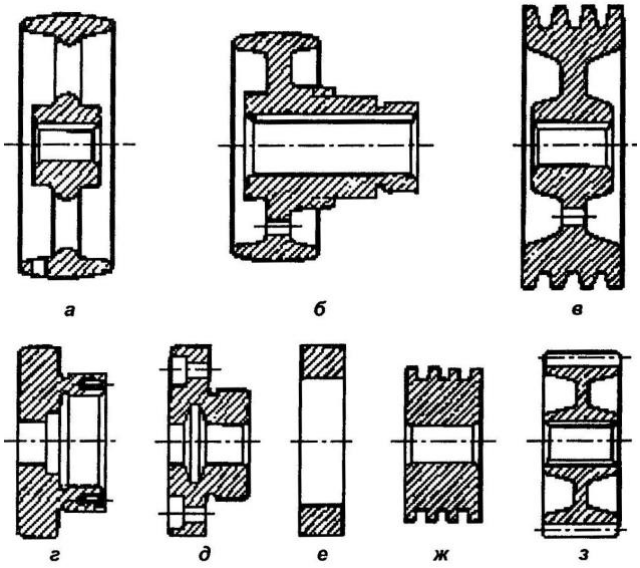


Рисунок 6.13 − Типові конструкції шківів

Технічні умови на виготовлення розрізняються залежно від вигляду і призначення деталей в досить широкому діапазоні величин.

Матеріал. Шківи, виготовляють переважно з чавуну СЧ15–32 (ГОСТ 1412–79), а також з алюмінію і пресованого текстоліту або бакеліту з наповнювачем, зварні шківи – із сталі; обід – із Ст.3, маточина – із сталі 45. Заготовки в більшості випадків застосовують штучні – литі, ковані, штамповані.

Припуски на обробку залежать від способу отримання заготовки. Для литих дисків середнього розміру (діаметрів 250 – 350 мм) при литві в піщані форми припуски одержують порядка 5–6 мм на сторону, при литві в кокіль 2–3 мм. Для штампованих – в межах 2–4 мм на сторону.

Технологічні бази

В більшості випадків на першій операції заготовки базуються по необробленій зовнішній циліндричній поверхні; на подальших операціях – по обробленому отвору і торцю. Іноді (для крупних деталей зі маточиною), щоб отримати урівноважену маточину, на першій операції базують заготовку по необробленому отвору в маточині і обробляють поверхні з найбільшим діаметром. Потім, базуючи її по зовнішньому діаметру, обробляють центральний отвір. Якщо потрібно отримати мале биття по зовнішній поверхні, то заготовку обробляють ще раз, встановлюючи її по обробленому отвору. Заготовки при обробці внутрішніх поверхонь закріплюються в трьох і чотирьохкулачкових патронах; при обточуванні зовнішніх поверхонь і торців на нормальних оправками. Виконуючи спеціальні операції заготовки встановлюють на спеціальних оправках; при обробці на свердлильних, фрезерних, протяжних та інших верстатах заготовки встановлюють в універсальних і спеціальних пристосуваннях.

Похибки встановлення на перших операціях виникають від похибок форми заготовок. Наприклад, при зсуві центрального отвору щодо зовнішнього діаметра в кованій або литій заготовці можуть залишатися чорновими зовнішня або внутрішня поверхні (рис. 6.14) залежно від того, яку поверхню приймають за чорнову базу.

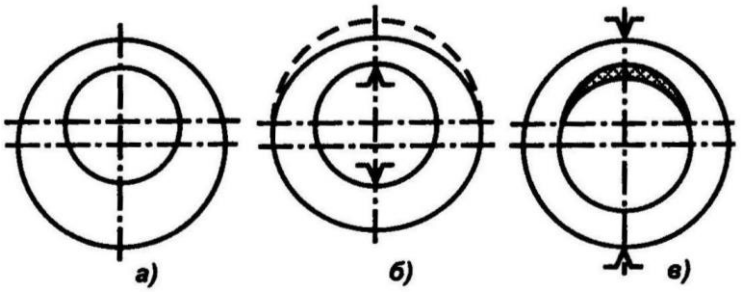


Рисунок 6.14 − Можливі похибки форми деталей через похибки форми заготовок

При обробці на облямовуваннях погрішності виникають через неточнсті облямовування (зсув осі зовнішньої поверхні щодо центрової лінії). При обробці в центрах похибки виникають через неточності центрових отворів, через неточність встановлення задньої бабки або її пінолі. Під час обробки в патроні похибки виникають через неправильне затискання в кулачках, перекосу деталі при встановленні.

Похибки обробки виникають через неврівноваженість патрона або затискногог пристрою, неточність обертання шпінделя верстата і центру задньої бабки, віджимання супорта, деформацію інструменту, теплове розширення інструментів і деталей вузла шпінделя, зношення інструменту, зношення направляючих супорта і станини, нерівномірної твердості матеріалу, нерівномірного припуску.

Типові процеси обробки шківів. Обробку шківів середніх розмірів (діаметром 200 – 400 мм) проводять переважно на токарних, а у великосерійному виробництві – на револьверних верстатах. Великі шківи і маховики обробляють на карусельних верстатах. Частіше всього шківи обробляють по всьому контуру для кращого врівноваження і отримання доброго зовнішнього вигляду.

Технологічні бази – центральний отвір і оброблений торець. Типовий технологічний процес обробки шківів в серійному виробництві приведений в табл. 6.5.

При формуванні по металевих моделях на формувальних машинах і перевірці литва шаблонами, а також при відливанні заготовки в кокіль можна обійтися без обробки внутрішніх поверхонь, але з обов'язковим статичним або динамічним балансуванням.

Таблиця 6.5 −Типовий технологічний процес обробки шківів

№ операції	*Операція*	*Верстат*	*Технологічна база*
1	Розточування отвору з припуском під простягання і підрізування торця	Свердлильний або токарний	Необроблена поверхня кругу або ступиці
2	Підрізування другого торця	Свердлильний	Отвір і торець
3	Протягування циліндричного отвору	Протяжний	Торець
4	Протягування шпоночної канавки	Протяжний	Отвір та торець
5	Чорнова обробка зовнішнього діаметра і торців обода (для шківа по рис. 6.50,б – обточування ступиці; для шківа по рис. 6.50,в – виточування клиновидних канавок)	Токарний	Отвір
6	Чистове обточування зовні–шнього діаметра (для шківа по рис. 6.50,а – по копіру)	Токарний	
7	Свердління змащувальних отворів і нарізування різьби (якщо потрібно по кресленню)	Свердлильний	Торець
8	Балансування і висвердлювання отворів для усунення дисбалансу	Балансуваний	Отвір
9	Шліфування ступиць у шківів по рис. 6.50,б (якщо потрібно по кресленню)	Круглошліфувальний	
10	Полірування ступиць шківів по рис. 6.50,б (якщо потрібен по кресленню)	Токарний	

Примітка. Заготовка – відливка в кокіль; матеріал – чавун СЧ15–32 ГССТ 1412–79; зовнішній діаметр заготовки 200–300 мм; діаметр базового отвору 30–40 мм.

Технічні умови на виготовлення шківів діаметром 250–300 мм (матеріал – чавун, алюміній) наступні:

- точність центрального отвору с 7–9 квалітет;
- радіальне биття по зовнішній поверхні круга – 0,03–0,04 мм;
- торцеве биття ступиці – 0,02–0,03 на радіусі 50мм;
- торцеві биття кругу – 0,04–0,06 мм на радіусі 250мм;
- шорсткість поверхонь отворів – 1,25 – 0,63 мкм;
- шорсткість поверхонь кругу – Rz 20 – Ra 2,5.

Якщо крупні шківи і маховики обробляють на карусельних верстатах, установку на першій операції звичайно виконують по ступиці, в якій обробляються центральний отвір і прилеглі до неї торці. Круг обробляють при встановленні шківа на центруючий шпильку по обробленому отвору і торцю. При обробці роз'ємних шківів спочатку обробляють стики половинок, потім просвердлюють по кондуктору отвори для з'єднувальних болтів в стиках і проводять сумісне розвертування отворів. Після збору половинок і з'єднувальних болтів розточують центральний отвір, встановлюючи шків по ступиці, і обточують зовнішню поверхню, встановлюючи ступицю на шпильку по обробленому отвору.

Литі шківи, як правило, виготовляються на потоково–механізованих лініях з використанням високопродуктивних напівавтоматів, автоматів, агрегатних верстатів або інших. Верстатне обладнання, яке використовується при механічній обробці – 1Б290П–6, 1734Р, 7Б65 та інші. Механічна обробка шківів в різних типах виробництв різниться вибором технологічного обладнання.

Альтернативні технологічні процеси виготовлення шківів заключається в тому, що вони виготовляються з листового прокату методом глибокого витягування з наступним зварюванням двох півшківів на наступних операціях.

В процесі експлуатації клинові канавки шківів швидко спрацьовуються. Для збільшення терміну служби ремнів, а також зміцнення робочих поверхонь клинових канавок фірмою «Максорніт» (Фор Вестен) виготовляють шківи із спеціальної марки чавуна і після механічної обробки їх піддають термічній обробці. У ФРН після механічної обробки металізують, опилюють робочу поверхню канавки твердим сплавом.

Контроль розмірів на чорнових та чистових операціях здійснюється граничними калібрами, а торцеве биття, биття конусних робочих поверхонь відносно вісі, радіальне биття – комплексом приладів. Основними технічними вимогами до точності шківа є биття робочих поверхонь (до 0,12 мм) і величина відхилення кута клиновидного профілю (в межах до ±1º). Допустимий статичний дисбаланс не більше 62 н×см, балансування проводиться фрезеруванням, або свердлінням матеріалу в приливах.

Прогресивний метод виготовлення шківів є штампування. При цьому робочий рівчак виготовляють із заготовки, виконаної холодною листовою штамповкою – розвальцьовуванням на спеціальних верстатах. На окремих заводах розроблені і впроваджені у виробництво нові технологічні процеси виготовлення шківів холодним штампуванням з листового металу. Практика

роботи показала, що цей спосіб є найбільш економічним та прогресивним, бо він значно підвищує продуктивність праці, знижує розхід металу і забезпечує високу якість деталі. При цьому способі отримання шківа його робочий струмок виготовляють із заготовки, виконаної холодним листовим штампуванням з розкочуванням на спеціальних верстатах. Проте цей спосіб має наступні недоліки: неекономічне витрачання потрібного металу, оскільки припуск на чистове обрізання є в 3–4 раз більше звичайного. При утворенні робочого струмка шківа розкочуванням в деяких місцях його вигину товщина заготовки, що рівна 1,5 мм, доходила до 0,5–06 мм замість допустимого по кресленню 0,8 мм, тому з цієї причини шків руйнувався, що приводило до великого відсотка браку.

На Горьківському автомобільному зводі був розроблений і впроваджений у виробництво технологічний процес виготовлення шківа холодним штампуванням з листового металу (рис. 6.15). Практика роботи показала, що цей спосіб є найеконо–мічнішим і прогресивним, оскільки він значно підвищує продуктивність праці, знижує витрати металу і забезпечує високу якість деталі. Нижче описані найцікавіші конструкції штампів, що використовуються в цьому технологічному процесі.

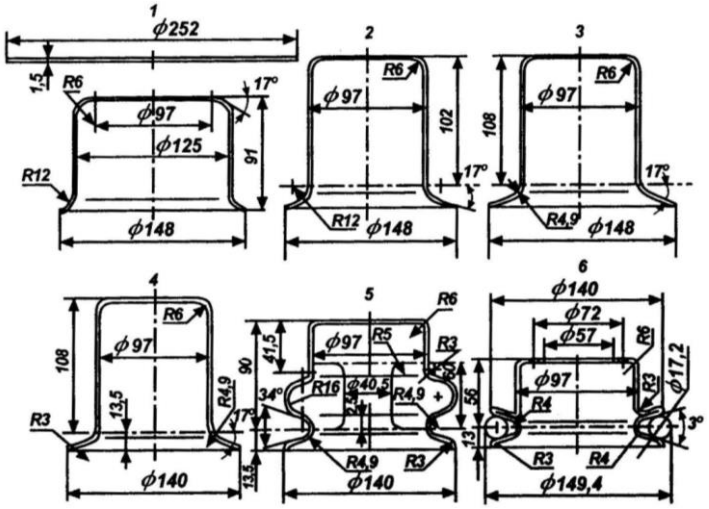
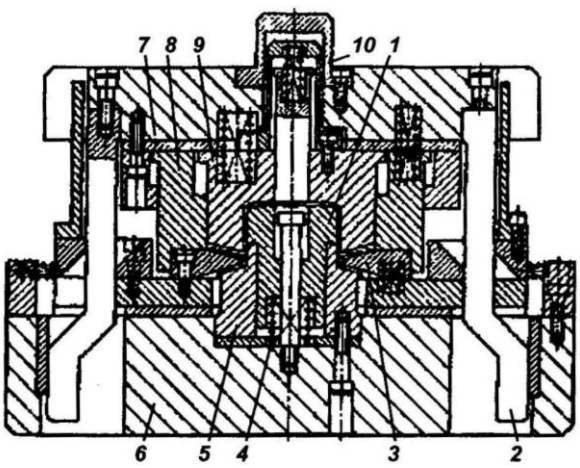
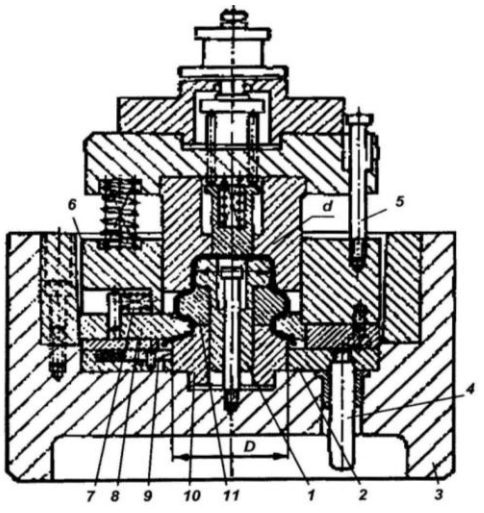


Рисунок 6.15 − Технологічний процес штампування шківа: 1–3 – витягування; 4 – гнуття фланця; 5 – попереднє формування робочого струмка шківа; 6 – остаточне формування робочого струмка шківа

На рис. 6.16 показані різні конструкції штампів для формування шківів.



а)



б)

Рисунок 6.16 − Штампи для формування шківа вентилятора: а) остаточного; б) попереднього

Виготовлення хрестовин

Хрестовини – характерні деталі карданних (шарнірних) зєднань, що застосовуються в автомобілях. Хрестовина представляє собою стальну деталь порівняно невеликих розмірівз чотирма точно обробленими цапфами, розташованими попарно на двох взаємно перпендикулярних осях (рис. 6.17).

Заготовкою служать штамповки зі сталей 20Х, 12ХНЗА, 18ХГТ. Деталь піддається цементації на глибину 0,8–1,5 мм із загартуванням і відпуском до твердості HRC 58–65. До готової деталі ставляться жорсткі вимоги у відношенні точності та взаємного розташування поверхонь цапф. Діаметри цапф виготовляються по 6 квалітету точності із горст–кістю поверхні R_a = 0,63 мкм. Відхилення форми допускається в межах допуску. Неспіввісність цапф не більше

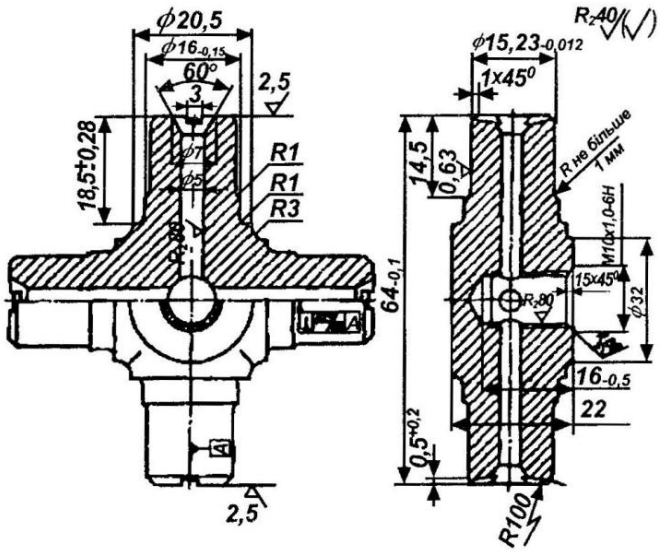


Рисунок 6.17 − Конструкція хрестовини

0,05 мм. Осі сусідніх цапф повинні бути взаємно перпендикулярні. Допускається відхилення не більше 0,25 мм на 100 мм. Осі повинні лежати в одній площині з відхиленням не більше 0,15 мм.

У великосерійному і масовому виробництвах при обробці хрестовин застосовуються високопродуктивні спеціальні верстати: токарні, протяжні, безцентрово–шліфувальні, свердлильні. У багатьох випадках обробка ведеться на автоматичних лініях.

При механічній обробці хрестовин може бути використана наступна схема технологічного процесу. На першій операції проводиться чорнове обточування всіх чотирьох цапф. Обробка ведеться на чотирьохшпиндельному верстаті методом обертання різця навколо нерухомої цапфи (рис. 6.18). Заготовка закріпляється рухомо за допомогою пневматичного пристрою. На другій операції проводиться протягування двох торців одночасно. Після протягування першої пари торців стіл автоматично повертається і протягується інша пара торців. Третя операція – чорнове шліфування чотирьох цапф, проводиться на безцентрово-шліфувальному верстаті. Цапфи

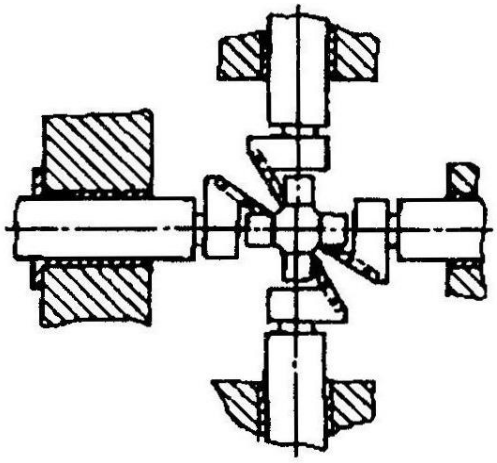


Рисунок 6.18 – Налагодження агрегатного верстата для обточування цапф хрестовини

шліфуються попарно методом врізання шліфувального круга. На четвертій операції на одній парі цапф виконуються наступні технологічні переходи: центрування, свердління мастильних каналів, свердління отворів під різі та зняття зовнішніх фасок. Застосовується спеціальний багатошпиндельний агрегатний верстат. Обробка проводиться при нерухомо закріпленцй заготовці. На п’ятій операції виконуються ті ж технологічні переходи на іншій парі цапф. Шоста операція – остаточне протягування торців з виконанням канавок. Після миття й очищення хрестовини піддаються термічній обробці. Наступні операції – напівчистове та чистове шліфування цапф на безцентрово-шліфувальних верстатах.

Технологія виготовлення пружин і ресорів

Пружини та ресори є одними з основних деталей пружинних механізмів автомобільної техніки. В конструкціях автомобільної техніки широке застосування набули різноманітні види пружин, окремі з яких зображені на рис. 6.19. Вони використовуються в якості амортизаторів, акумуляторів, компенсаторів і фіксаторів, регуляторів зусиль, запобіжних елементів і пружних елементів силових передач. Ось не повний перелік їх призначення та використання.

По виду навантажувального стану розрізняють пружини розтягування – стискування, у яких в січенні витка виникають деформації кручення. При великих кутах підйому гвинтової лінії, а також при бокових навантаженнях в січені витка пружини поряд з крутним виникають також згинні моменти.

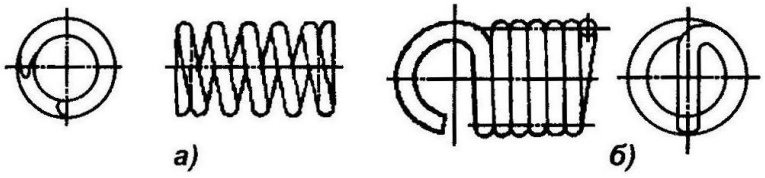


Рисунок 6.19 − Типи пружин:
а) стиску; *б*) розтягу

В автомобілях найбільш широке використання набули гвинтові пружини з постійним і змінним кроками, циліндричної та конічної форм, а також з елементами фіксації. Вони різні в залежності від функцій виконання – розтягування, скручування, стопоріння та інше.

За точністю виготовлення пружини поділяються на три групи. До першої групи відносяться пружини з відхиленнями, що допускаються по силах і пружніх переміщеннях ±5%, до другої групи ±10% і до третьої групи ±20%. У автомобілях широко використовують пружини третьої групи точності. Пружини клапанів двигунів, регуляторі паливних насосів, пропускних клапанів гідросистем тракторів виготовляються по 1 і 2 групах точності.

Пружини стиску навивають відкритим навиванням з кроком, що забезпечує просвіт між витками на 10–20% більше розрахункових осьових пружних переміщень кожного витка. Розрахункове осьове пружнє переміщення витка визначається при максимальному робочому навантаженні. Кінцеві витки підтискуються до сусідніх, а торцеві поверхні пружини шліфуються перпендикулярно до її осі. Цим досягається передача навантаження на пружину вздовж її осі. Для уникнення скривлення осі пружини стиску під

навантаженням (втрата повздовжньої стійкості) довжина пружини не повинна перевищувати 4–6 зовнішніх діаметрів.

Пружину розтягу обладнують гачкоподібними причіпними елементами для передачі зусилля на пружину. Часто їх виконують у виді відігнутих витків. Пружини розтягу навивають закритим навиванням таким чином, щоб був забезпечений початковий натяг (тиск між витками). Цей натяг вибирається рівним 0,25–0,33 від граничної сили, при якій випробовується пружина. Довжина пружини розтягування не регламентується.

Для виговлення пружин використовуються стальні заготовки круглого січення діаметром в межах 0,2–12 мм, зовнішні діаметри пружин розтягування складають 2,5–160 мм. Матеріал заготовок – високовуглецеві та леговані сталі, 65, 70, 75, 80, 85, 60Г, 65Г, 65М, У9А–У12А, 60С2А, 65С2ВА, 50ХФА і інші. Пружини, виготовлені із вище вказаних сталей, відрізняються між собою числом циклів до руйнування, який в середньому складає $5 \cdot 10^6$ при циклічному навантаженні та 10^6 при циклічному та статичному. Дріт для виготовлення пружин використовують трьох основних класів: нормальної міцності (III), підвищеної міцності (II) і високої міцності (I), а також нормальної та підвищеної точності. Холоднотягнуті вуглецеві сталі 65 і 70 у стані постачання володіють механічними властивостями, що дозволяють застосовувати їх без гартування (твердість НВ 255–285). Після виготовлення пружини з цих сталей піддають тільки відпуску для зняття напружень, що виникають у процесі волочіння і навивання у холодному стані. Пружини виготовлені із гарячекатаних і відпалених сталей піддають гартуванню і відпуску до твердості HRC 40–50. Сталь 65Г має підвищену схильність до утворення тріщин при гартуванні. Гартування сталей відбувається при нагріві 820–890ºС ізотермічною витримкою при температурі 280–340º С в межах 15–80 хв. до твердості HRC 40–50. Для підвищення пружних властивостей рекомендують додатковий відпуск при відповідних температурах ізотермічних перетворень. Для покращення пружних властивостей пружин використовують й інші додаткові прийоми.

Технологічний процес виготовлення пружини розтягування включає наступні операції:

1. Виготовлення вушка.
2. Навивання гвинтової частини пружини.
3. Виготовлення другого вушка.
4. Відрубування.
5. Підгин кінцевих витків.
6. Термообробка.
7. Контроль та випробування.

Технологічний маршрут виготовлення пружин стиснення включає наступні операції:

1. Навивання пружини.
2. Відрубка.
3. Підгин крайніх витків.
4. Термообробка.
5. Шліфування торців пружин.

6. Контроль та випробування.

Всі існуючі методи навивання гвинтових пружин можна розділити на 3 головних групи. Перша – навивання на оправку визначеної довжини, другий – безоправочний, третій – комбінований. Суть останього заключається в тому, що навивання перших 3–5 витків здійснюють на оправку з жорстким кріпленням кінця, який після цього звільнюють і здійснюють неперервний процес навивання за допомогою оправки незначної довжини. Навивання пружин вищевказаним методом можна здійснювати при виготовленні пружин циліндричної форми з необхідним кроком, або щільного навивання з подальшим калібруванням.

Розглянемо основні способи навивання. Найбільш простим способом навивання є навивання на оправку яка обертається. Цей метод використовується в індивідуальному, мілкосерійному виробництві. Суть процесу заключаєтья в тому, що дріт, який подається з бухти, своїм кінцем вводиться в радіальний отвір оправки, на яку здійснюють навивання. Оправка закріплюється в патрон токарного верстата, а для надійності технологічного процесу вільний кінець оправки підтискається заднім центром. Для щільного притискання проволоки до оправки використовують притискний ролик, або інші елементи (дерев'яні пластини), які встановлюють на різцетримачі верстата. Після цього включають верстат і на оправку здійснюється навивання пружини довжиною рівній довжині оправки. Величина кроку визначається кресленням і формується супортом верстату, який здійснює відповідні переміщення на один оберт. Після цього пружину знімають з оправки і розрізають на куски з врахуванням довжини вушок.

У великосерійному та масовому виробництвах використовуються безоправні навивання. На рис. 6.20 зображена схема дії такого автомата. Дріт, проходячи через правильні і транспор–туючі ролики, подається на пальці 7, що згинають її в спіраль необхідного діаметру. Навита пружина необхідної довжини відтинається ножем 5 на упорі 6. Усі дії по змотуванню дроту з бухти і подачі її у верстат, навивка пружини, фіксація заданого кроку пружини, припинення подачі дроту і відділення заготовки відбуваються автоматично.

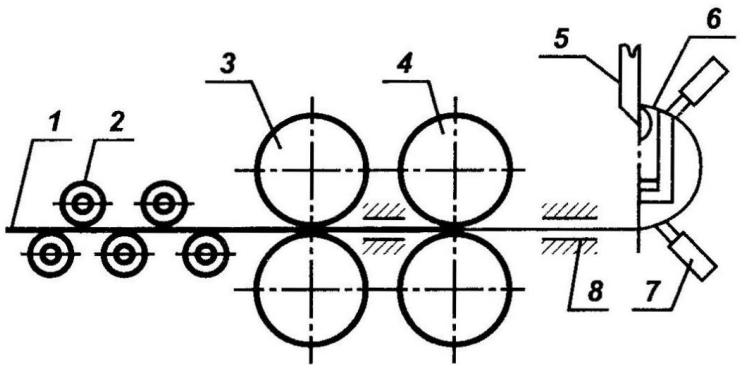


Рисунок 6.20 − Схема дії автомата для безоправочного навивання пружин: 1–дріт; 2–правильні ролики; 3 і 4–транспортуючі ролики; 5–ніж; 6–упор; 7–пальці; 8–напрямні

Для виготовлення пружин використовують також автомати для холодного безоправочного навивання. Такі автомати, як правило, універсальні і призначені для виготовлення пружин стискування і розтягування, циліндричних, конічних, бочкоподібних з підтискнутими і непідтискнутими

витками, з постійним та змінним кроком, правого та лівого навивання з проволоками круглого січення.

Кінцеві витки пружини стискування повинні бути підтиснуті так, щоб на довжині 0,75–1 витка вони майже стикалися з з'єднаними робочими витками. Після шліфування торця ширина вільного кінця витка звичайно повинна складати біля 0,25 діаметра дроту. У потужних пружинах для полегшення операції шліфування торців кінці прутка попередньо відтягаються в гарячому виді. При навиванні на токарному верстаті піджаті витки утворюються після вимикання подовжньої подачі супорта. Пружини, отримані холодним способом із попередньо підготовленого матеріалу (вуглецеві холоднотянуті сталі), після навивання піддаються тільки відпуску в масляних або соляних ваннах при температурі 250–320°С в час 15–30 хв. в залежності від діаметра дроту. Пружини, навиті гарячим способом або навиті холодним способом з відпаленого матеріалу, піддаються термічній обробці, що поділяється на попередню (нормалізація або відпуск) і остаточну (гартування з наступним відпуском). Так, пружини з прутка 60С2А при попередній термічній обробці нагріваються до температури 850–860°С на протязі 20–40 хв. і прохолоджуються на повітрі. При кінцевій термічній обробці пружини гартують в маслі з попереднім нагріванням до температури 850–870°С і витримкою 20–50 хв. Після загартування здійснюють відпуск протягом 30–60 хв. із нагріванням до температури 400–425°С. Твердість такої пружини після термічної обробки повинна складати HRC 40–49.

У масовому і великосерійному виробництвах торці пружин невеликих розмірів шліфують на плоскошліфувальних верстатах торцем круга. Застосовуються також спеціальні верстати для шліфування обох торців пружини одночасно.

Пружини стиску статичної дії піддають заневолюванню, що заключається в пластичному деформуванні матеріалу. У результаті заневолення зовнішні волокна прутка отримують залишкові деформації. При заневоленні пружина стискується (звичайно до дотику витків) для створення напруг вище межі пружності і витримується в такому стані на протязі 1–2 діб. Для запобігання від корозії на пружину наносять захисні покриття.

Контроль пружини полягає в перевірці геометричних параметрів: зовнішнього і внутрішнього діаметрів, вільної довжини пружини і відхилення її осі від торцевої площини (у пружин стиску) або від площини симетрії причепів (у пружин розтягу). Силові характеристики – пружні властивості, динамічні випробування. Для заміру геометричних параметрів використовують універсальні та спеціальні інструменти, а для вимірювання силових характеристик – динамометри, ваги, та спеціальні пристрої. Пружина, стиснута до робочої довжини, повинна створювати силу, що відповідає навантаженні у встановлених межах. Для вимірювань у дрібносерійному і серійному виробництвах можуть бути використані вагові пристрої. У зв'язку з тим, що відхилення діаметра дроту і діаметра пружини у межах допусків дуже впливають на характеристику пружини, для отримання пружин з робочими зусиллями у вузьких інтервалах здійснюється їхнє сортування на групи.

У масовому виробництві контроль і сортування пружин виконуються автоматично.

Листові ресори авто (рис. 6.21) складаються з декількох накладених один на одного листів різної довжини. Вони виготовляються головним чином з легованих сталей 60С2, 60С2Н2А та ін. Складання ресор здійснюється із заздалегідь підготовлених і термічно оброблених листів, отриманих з прокату прямокутного профілю. Після розрізання прокату на окремі листи і недання їм відповідної форми в гарячому стані проводиться термічна обробка: загартування в маслі з нагріванням до температури 840–860°С і відпуск при температурі 400–450° С до твердості HRC 38–45. Після термічної обробки листи ретельно очищаються від окалини, що тимчасово збільшує їхню втомну міцність. Перед складанням ресорні листи змазують графітовою смазкою для зменшення сил тертя між ними.

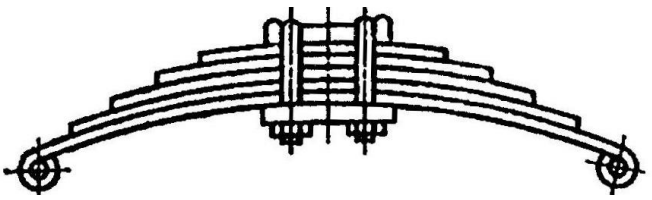


Рисунок 6.21 − Конструкція ресори

Технологія виготовлення захисних кожухів приводів машин

Для захисту від навколишнього середовища обертових елементів приводів авто використовують гумові захисні кожухи, які зображені на рис. 6.22,а. Вони запобігають доступу робітників до обертових і рухомих елементів, з метою забезпечення безпечних умов роботи при їх експлуатації, а також запобігають потраплянню пилу і абразиву в робочі зони цих приводів. Матеріалом для цих деталей служить гума протекторна, а виготовлення цих деталей здійснюють в шестимісній пресформі, яка зображена на рис. 6.22,б. Матриці 2 є розємними і складаються з двох рівних симетричних частин. Пуансони 3 центруються в матриці 2 і за допомогою штиря 5 і виймаються разом із деталлю 4. Після цього готову деталь знімають з пуансона, розтягуючи її. Слід відмітити, що представлена конструкція є нетехнологічною і її доцільно виготовляти у вигляді рукава з різьбовою поверхнею з армованим дротом, що різко підвищить її міцність, надійність та довговічність і зручність при зніманні готової деталі з пуансона при її виготовленні, а також спростить сам процес виготовлення як матриці так і пуансона пресформи.

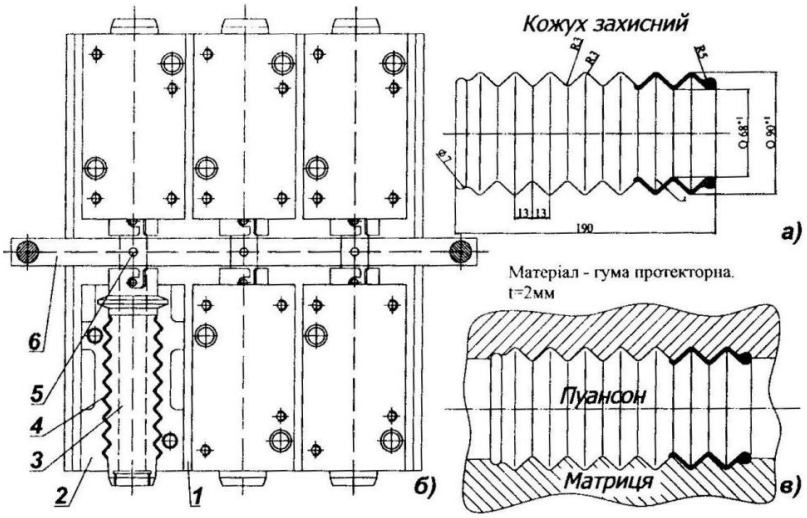


Рисунок 6.22 − Пресформа шестимісна для виготовлення кожуха захисного

Обробка деталей класу «важелі»

До деталей класу «важелі» автомобілів відносять багатовісні деталі, що складаються з двох або декількох втулок–головок, сполучених необробленими або обробленими з невисокою точністю стержнями (рис. 6.23).

Матеріалами для виготовлення деталей класу «важелі» в автомобілебудуванні служать сірий і ковкий чавун, вуглецеві сталі звичайної якості і конструктційні вуглецеві або низьколеговані сталі. Заготовки для виготовлення переважної більшості деталей цього класу застосовуються отримані відливанням та штампуванням. При виготовленні крупно габаритних важелів, що мають складну конфігурацію, доцільним є використання зварних литих або зварно–штампованих заготовок.

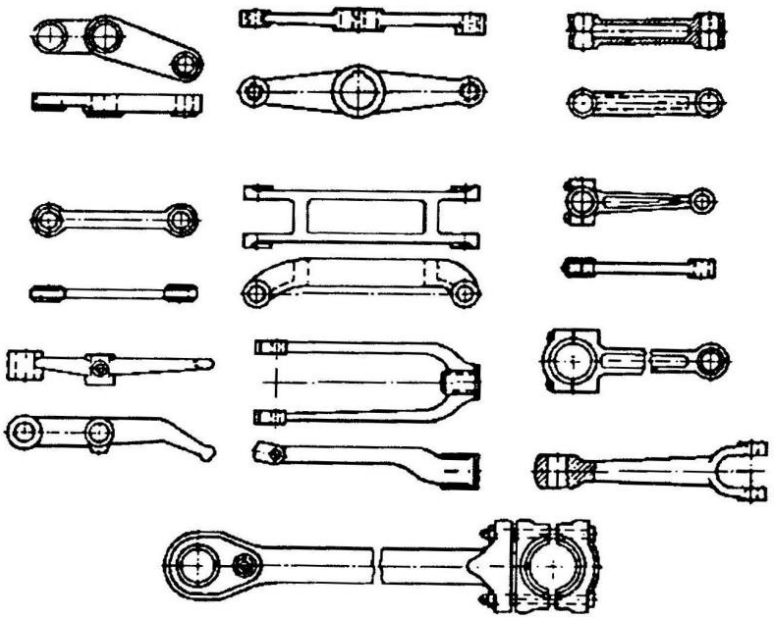


Рисунок 6.23 − Деталі класу «важелі»

Основними оброблюваними поверхнями деталей класу «важелі» є отвори і поверхні торців головок деталі. Точність обробки отворів головок важелів залежно від призначення деталі коливається в широких межах від 14 до 8 квалітетів точності при чистоті оброблюваної поверхні від R_z = 80 мкм до R_a = 1,25 мкм. Більш високі класи точності і чистоти поверхні отворів застосовуються лише в окремих випадках при виготовленні особливо відповідальних деталей цього класу. Торці головок важелів зазвичай мають невисоку чистоту поверхні: R_z = 80–20 мкм або навіть залишаються необробленими.

Важливою особливістю технічних умов на виготовлення деталей класу «важелі» є встановлення обмежень на відхилення від паралелі осей отворів в головках і обмежень на відхилення від перпендикулярності цих осей торцям головок деталі (у випадках, коли торці головок важелів піддаються механічній обробці). Допустима непаралель осей головок складає звичайно від декількох сотих до 0,1–0,2 мм на висоті головки, а допустима неперпендикулярність осей головок до їх торців – від декількох сотих до 0,1–0,3 мм на довжині 100 мм. У зв’язку з цим основна технологічна задача при виготовленні деталей класу «важелі» полягає в обробці отворів і торців головок деталі із заданою точністю розмірів, чистотою оброблюваних поверхонь і із заданою точністю їх взаємного розташування. Розв’язується ця задача, як і при виготовленні багатовісних деталей інших класів, двома методами: методом обробки отворів і поверхонь торців в декілька установок або методом обробки їх в одну установку.

При виготовленні деталей класу «важелі» при різноманітності можливих варіантів побудови технологічного процесу обумовлених відмінностями в конфігурації і розмірах деталей, необхідною точністю та чистотою обробки окремих поверхонь та ін., переважна більшість деталей цього класу обробляється по єдиній технологічній схемі. Першими обробляються поверхні торців головок, потім з базуванням по оброблених торцях – отвори в головках деталі. Така послідовність операцій дозволяє найкращим чином забезпечити необхідну перпендикулярність осей отворів до поверхонь торців головок важелів. При зворотній послідовності операцій обробк деталей для досягнення таких же результатів необхідно було б у багатьох випадках штучно підвищувати клас точності обробки отворів, що використовуються як базові, або застосовувати складні пристосування, щоб звести до мінімуму погрішності установки. Виключення з цього загального правила складають лише ті деталі класу «важелі», поверхні торців головок яких не вимагають обробки за кресленням.

Обробка поверхонь торців важелів залежно від конкретних умов – жорсткості деталі, її конфігурації, зручності закріплення деталі в пристосуванні та інше. Вона може застосовуватись по одному з двох основних варіантів: 1) спочатку послідовна обробка поверхонь торців однієї сторони деталі, потім обробка поверхонь торців іншої сторони деталі; 2) одночасна обробка поверхонь торців обох сторін деталі. При виготовленні важелів з високою чистотою поверхонь торців, коли обробка кожної сторони деталі виконується в декілька операцій, можливе поєднання цих основних варіантів в одному технологічному процесі. Основним способом обробки торців головок важелів є фрезерування. В якості базуючих поверхонь при фрезеруванні торців важелів частіше всього використовуються необроблювані поверхні стержнів деталі. При цьому в якості бази на першій фрезерній операції доцільно приймати ту поверхню стержня, від якої ведеться простановка розмірів на кресленні деталі.

При виготовленні складних і точних деталей класу «важелі», наприклад деталей типу шатунів, крім основних баз часто створюються допоміжні базові поверхні у вигляді майданчиків або центрових отворів на бічних сторонах головок деталі, що дозволяє забезпечити точне та зручне базування деталі на всьому протязі багатоопераційного технологічного процесу її обробки. Фрезеруються торці головок важелів при роботі по першому варіанту, тобто при послідовній обробці двох сторін деталі, на фрезерних верстатах загального призначення торцевими або циліндричними фрезами. При цьому для забезпечення достатньо високої продуктивності фрезерування пристосування і наладку верстатів слід будувати так, щоб обробка торців всіх головок деталі закінчувалася за один хід столу. Більш високу продуктивність праці можна отримати, використовуючи багатомісні пристосування. І, нарешті, у крупносерійному і масовому виробництві фрезерування поверхонь торців важелів може виконуватися способом безперервного фрезерування на барабанних фрезерних і карусельно-фрезерних верстатах, на яких зняття готової деталі та встановлення нової заготовки проводиться без припинення

процесу фрезерування, внаслідок чого допоміжний час повністю перекривається машинним.

Фрезерування поверхонь торців важелів по другому варіанту – одночасне фрезерування обох сторін деталі – також виконується на фрезерних верстатах загального призначення. Обробка ведеться набором фрез, і, оскільки лише небагато важелів допускають фрезерування всіх головок на прохід, для кріплення деталей звичайно використовуються поворотні пристосування.

Основний спосіб обробки поверхонь торців деталей класу «важелі» фрезеруванням не є єдино можливим. У великосерійному і масовому виробництві все більш широке розповсюдження одержує спосіб плоского протягування цих поверхонь, що має значно більшу продуктивність, ніж фрезерування.

При необхідності забезпечити високу чистоту поверхонь торців деталей класу «важелі» в технологічний процес їх обробки після фрезерування або простягання включаються операції плоского шліфування цих поверхонь, що виконуються на плоскошліфувальних верстатах, універсальних або спеціалізованих (моделі 371, 372, 3740, 373, 3732, 3756 та ін.). Деталі класу «важелі» при плоскому шліфуванні встановлюються на заздалегідь оброблені поверхні торців і кріпляться або на магнітній плиті столу верстата, або, якщо кріплення деталей на магнітній плиті із яких-небудь причин (наприклад, через різну висотну головок) утруднене або неможливе, – в спеціальних затискних пристосуваннях. Наладка плоскошліфувальних верстатів на заданий розмір проводиться методом пробних проходів. Спеціалізовані плоскошліфувальні верстати для підтримки постійності наладок часто забезпечуються приладами активного контролю, принцип дії яких подібний принципу дії розглянутих раніше підналагоджень для безцентрово-шліфувальних верстатів.

Обробка отворів в головках важелів виконується свердлінням на вертикально–свердлильних або, в умовах великосерійного і масового виробництва, – на багатопозиційних агрегатно-свердлувальних верстатах. Деталь встановлюється в пристосуванні на оброблені торці головок, а для орієнтування її в площині цих торців використовуються периферичні поверхні головок або спеціально створені допоміжні бази на бічних поверхнях деталі. У випадку, якщо отвори в головках важеля мають значні розміри, складну будову, або повинні бути оброблені з високою точністю і чистотою поверхонь, в технологічний процес їх отримання вводяться розсвердлювання, зенкувати, розточування, розвертування або протягування. Особливо точні отвори деталей класу «важелі» можуть оброблятися методом шліфування і хонінгування. Ці методи застосовуються для обробки отворів шатунів двигунів.

При виготовленні деталей класу «важелі» методом обробки в одну установку поверхні (принаймні, з одного боку важеля) торців і отвори головок деталі обробляються при незмінній установці деталі. Обробка в цьому випадку ведеться на свердлильних або агрегатних верстатах.

Деталь базується по необроблюваних поверхнях стержня і бічних поверхнях головок або по спеціально створених допоміжних поверхнях. Отвори в головках важелів обробляються, як і при виготовленні деталі методом

обробки в декілька установок, свердлінням, розсвердлюванням, зенкуванням, розвертуванням або розточуванням. Поверхні торців головок важелів підрізають зенкерами торців (цековками). Якщо конфігурація деталі або її невисока жорсткість не дає можливості обробити торці головок в одну установку з обох боків важеля, на першій операції обробляються лише поверхні торців однієї його сторони.

Обробка торців іншої сторони в цьому випадку виконується окремою операцією тими ж способами, які застосовуються при роботі при обробці деталей в декілька установок, або цикуванням на свердлувальних верстатах. При цьому для цикування торців головок деталі не вимагається створення скільки–небудь складних пристосувань. Операція звичайно виконується на простих підставках, запобігаючих прокручуванню деталей.

Розглядаючи обробку деталей класу «важелі», ми до цих пір грунтувалися на припущенні, що обробка всіх головок деталі по будь-якому з двох висловлених методів ведеться одночасно. Проте іноді буває зручно вести обробку головок важелів послідовно. В цьому випадку при обробці подальших головок у якості базових поверхонь використовуються вже оброблені поверхні деталей. Виготовлення важелів за принципом послідовної обробки їх головок збільшує число операцій технологічного процесу, але у багатьох випадках дозволяє спростити конструкцію вживаних пристосувань.

При контролі якості деталей класу «важелі», як і при контролі якості багатовісних деталей, розглянутих раніше класів, найбільшу складність представляє перевірка взаємного розташування поверхонь деталі. Відповідно до технічних умов контролю піддаються: міжцентрові відстані між отворами в головках деталі, паралельність осей отворів і перпендикулярність цих осей поверхням торців головок. Міжцентрові відстані перевіряються штангенциркулями або калібрами. Точні міжцентрові відстані при виготовленні важелів невеликими партіями можуть контролюватися шляхом вимірювання за допомогою мікрометрів, або набору точних стержнів-пробок. Паралель осей отворів перевіряється на спеціальних контрольних пристосуваннях. Для контролю перпендикулярності осей отворів до торців головок важелів застосовуються гладкі калібри з буртом. Зазор між буртом калібру і поверхнею торця деталі виміряється щупом, що характеризує величину неперпендикулярності осі отвору до торця головки. Для контролю неперпендикулярності можуть застосовуватися, крім того, складніші контрольні пристосування, оснащені індикатором, що показують величину биття торця. Всі інші параметри деталей – розміри, чистота поверхні, зовнішній вигляд та інші – контролюються описаними раніше методами і засобами.

Контрольні запитання до розділу

1. Які основні показники якості валів Ви знаєте.
2. Що називають чорновими базами при виготовленні валів?
3. Що називають чистовими базами при виготовленні валів?
4. Які основні етапи виготовлення колінчастих осей і валів?
5. У чому полягає суть способу обробки колінчастих осей і валів?
6. У чому полягає суть токарної обробки втулок?
7. У чому полягає технологіїя виготовлення та складання ланцюгів.
8. У чому полягає технологія виготовлення зірочок.
9. Опишіть технологічний процес виготовлення привідних шківів.
10. Що називають хрестовиною? Яка технологія їх виготовлення.
11. Опишіть технологію виготовлення пружин.
12. Опишіть технологію виготовлення ресор.
13. Опишіть технологію виготовлення захисних кожухів приводів машин.
14. Опишіть технологію виготовлення деталей класу «важелі».

РОЗДІЛ 7

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ КУЗОВІВ ТА РАМ

7.1. Види зварювання

У автомобілебудуванні використовують вироби та окремі складові частини, які з'єднуються між собою рухомо і нерухомо. Нерухомі з'єднання є рознімні та нероз'ємні. Одним із способів виготовлення нероз'ємних з'єднань є зварювання.

Зварювання – технологічний процес утворення нероз'ємного з'єднання матеріалів, деталей, машин, споруд та конструкцій шляхом місцевого сплавлення або пластичного місця з'єднання деформування, внаслідок чого отримуються міцні зв'язки між атомами (чи молекулами) з'єднуваних частин. Зварюванням з'єднують однорідні і різнорідні метали і їх сплави, метали з деякими неметалічними матеріалами (керамікою, графітом, склом тощо), а також пластмаси.

У порівнянні з іншими способами отримання нероз'ємних з'єднань: литтям, куванням, клепанням, клеянням, зварювання є економічно вигідний, високопродуктивний і значною мірою механізований технологічний процес, що широко застосовується практично в усіх галузях машинобудування та автомобілебудування.

Усі процеси зварювання здійснюються з використанням окремо або разом двох форм енергії – теплової і механічної. Залежно від форми енергії, що використовується для утворення зварного з'єднання, *всі види зварювання поділяються на три класи*: термічний; термомеханічний; механічний.

До термічного класу належать види зварювання, які відбуваються плавленням з використанням теплової енергії (дугова, плазмова, електронно-променева, лазерна, електрошлакова, газова тощо). Термічне зварювання здійснюють за рахунок часткового плавлення елементів з'єднання. Кромки цих елементів (основний метал) і в більшості випадків присадний (додатковий) метал розплавляють, утворюючи загальну зону розплаву (зварювальну ванну). Після віддалення джерела теплоти розплавлений метал твердне, утворюючи зварний шов, який з'єднує зварювальні елементи. Найпоширенішим способом термічного зварювання є електродугове.

До термомеханічного класу належать типи зварювання, які відбуваються з використанням разом теплової енергії і механічної енергії тиску (контактна, дифузійна та ін.).

До механічного класу належать види зварювання, які відбуваються з використанням механічної енергії різних видів (зварювання тиском, ультразвуком, вибухом, тертям тощо).

За ступенем механізації зварювання поділяють на ручне, напівавтоматичне, автоматичне.

У процесі виготовлення зварних конструкцій деталі можна розташувати по-різному. *Основними видами з'єднань є: стикове, внапуск, кутове, таврове*.

За розміщенням у просторі зварні шви поділяють на нижні, вертикальні, горизонтальні та верхні. Нижні та горизонтальні шви найзручніші при виготовленні. Трудомісткість нижніх та горизонтальних швів на 20–25% менша, ніж вертикальних, і на 40–45% − ніж верхніх.

Залежно від товщини зварюваних виробів виконують одношарові та багатошарові шви. Якщо товщина виробу до 10 мм, то з'єднання виконують за одне проходження (одношаровий шов). У разі більшої товщини виробів шов отримують за кілька проходжень (багатошаровий шов).

7.1.1. Електродугове зварювання

При електродуговому зварюванні плавлення металу відбувається за рахунок теплоти, що виділяється в електричній дузі. Живлення дуги може проводитись змінним або постійним струмом. При зварюванні постійним струмом розрізняють *пряму й зворотню* полярність. При зварюванні на прямій полярності деталь з'єднується з позитивним полюсом зварювального генератора, а електрод – з негативним полюсом. При зворотній полярності – навпаки [21]. При зварюванні на зворотній полярності деталь нагрівається менше, ніж при прямій полярності, що має велике практичне значення. Електрична дуга складається із трьох частин: катодної й анодної областей і стовпа дуги (рис. 7.1).

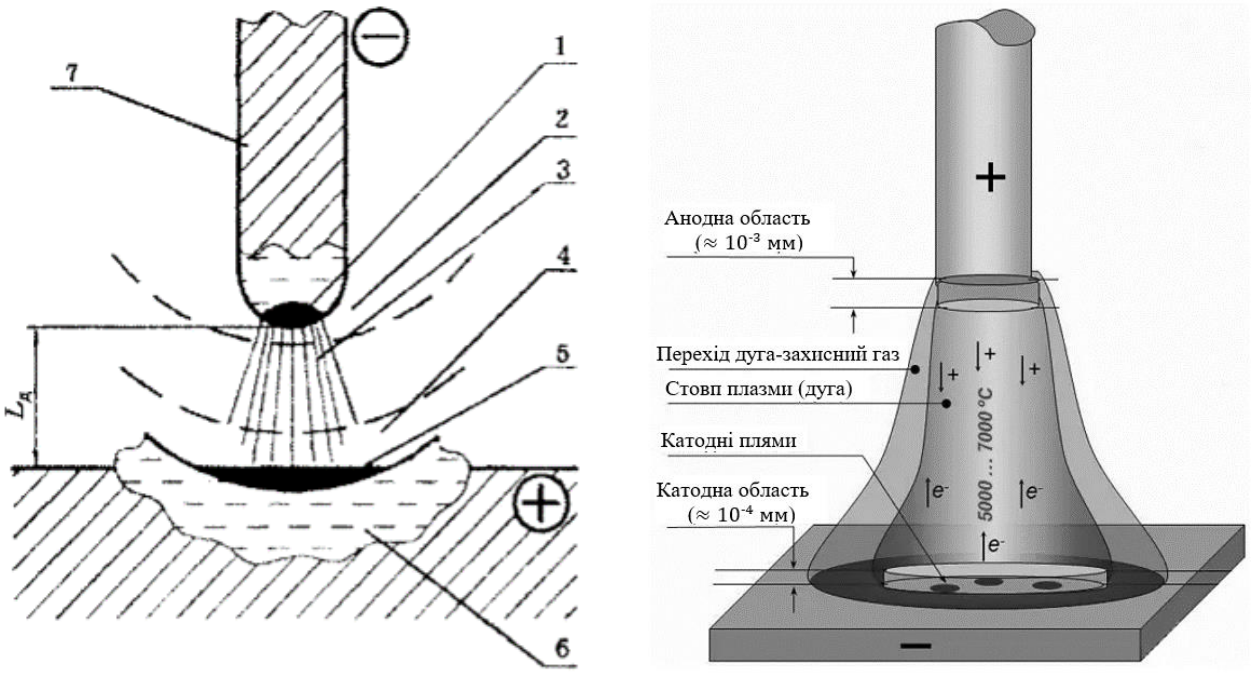


Рисунок 7.1 − Будова електричної дуги: 1 – катодна пляма дуги; 2 – катодна область; 3 – стовп дуги; 4 – анодна область; 5 – анодна пляма; 6 – розплавлений метал; 7 – електрод; LД − довжина дуги

Завдання дуги полягає в тому, щоб перетворити електроенергію в теплоту. Під впливом отриманої теплоти відбувається розплавлення електродного металу і зварювальних поверхонь. Це призводить до формування зварювальної ванни, де метал зварювального стрижня взаємодіє з металом деталі. Утворений при такому процесі шлак йде на поверхню, утворюючи плівку, що виконує захисну функцію. Після того як метал твердне, виходить міцне і якісне з'єднання (рис. 7.2).

Температура металу в катодній плямі становить 2600–3000 ºС, у той час як в анодній плямі – 3500–4000 °С. Температура середовища в стовпі дуги досягає 6000–7000 ºС.

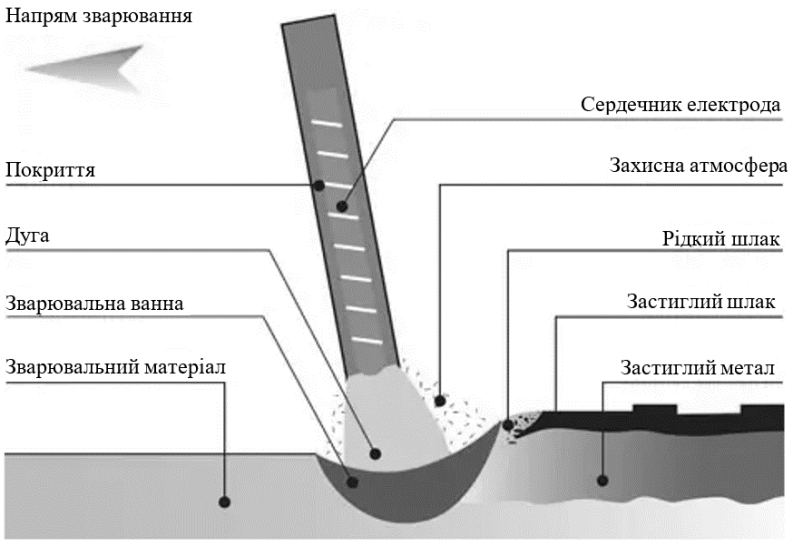


Рисунок 7.2 − Процес електродугового зварювання [106]

На зворотній полярності рекомендується зварювати тонкостінні (до 2,5 мм) деталі, а також деталі з легованих сталей деяких марок, відновлювати зварюванням чавунні деталі в холодному стані, тому що в цих випадках небажане нагрівання деталей до високої температури.

При зварюванні змінним струмом температура обох полюсів однакова.

Для зварювання електродугою застосовують електроди двох видів [106]: не плавкі та плавкі. Якщо використовується не плавкий зварювальний стрижень, зварений шов створюється за рахунок розплавлення спеціальних прутків (рис.7.3) або дроту, який називають присадкою і вводять в саму ванну. Плавкий електрод не вимагає застосування такої присадки.

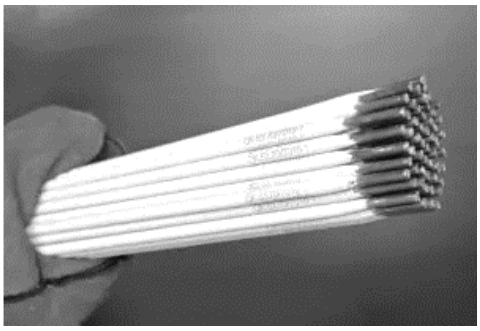


Рисунок 7.3 – Електроди для зварювання

У деяких випадках в електроди додають натрій, калій, інші елементи, що характеризуються легкістю іонізації. Роблять це для того, щоб зварювальна дуга володіла більшою стійкістю. Зварений шов від окислення може охоронятися газами з захисними функціями: вуглекислим; гелієм; повністю інертним аргоном. Захисні гази подають при проведенні зварювання зі зварювальної головки.

Електродугове зварювання може виконуватися постійним або змінним струмом.

Менший розкид розплавленого металу (його бризок) відзначається при використанні постійного струму, так як відсутня зміна його полярності і перехід через нуль.

Для різних металів рекомендовані різні види здійснення зварювальних робіт. Для зварювання виробів із чавуну, легованих сталей, деяких кольорових металів, а також з нержавіючої сталі зазвичай застосовується ручна технологія з захистом зварювальної зони. В даному випадку електрод приєднують до електротримачів. Кінець стержня для зварювання нагрівається в той момент, коли він торкається до зварювального виробу (спостерігається замикання ланцюга струму). Нагрітий електрод відводять від поверхні зварювання (зазвичай на відстань до 5 мм), що призводить до встановлення дуги. Струм в подальшому підтримується вже за рахунок дугового розряду.

Однією з умов отримання якісного з'єднання при описуваній технології є наявність обмазки – спеціального флюсу густої консистенції, який оточує стрижень для зварювання. Обмазка оберігає ванну і безпосередньо електродуги від попадання в них газів з повітря, забезпечує високу стабільність розряду, привносить розкислювач, що роблять зварювальний метал чистішим.

З вищенаведеного можна зробити висновок, що при виконанні зварювальних і наплавлювальних робіт застосовуються різні присадочні матеріали, електроди, флюси й захисні гази. Основою електрода, що плавиться, є зварювальний дріт. Присадочні матеріали застосовуються у вигляді дроту й порошків. Наплавлювальний дріт позначається буквами «*Нп*». Умовне позначення марки дроту включає: за індексом через дефіс число, що показує вміст вуглецю в сотих частках відсотка; літерно–цифрове позначення легуючих елементів; ступінь чистоти матеріалу; інші відомості. При вмісті легуючих елементів до 1% вказують тільки позначення цього елемента, а якщо вміст більший 1%, вказуються відсотки. Наплавлювальний дріт виготовляють із вуглецевих (Нп–30, Нп–45, Нп50 тощо.), легованих (Нп–65Г, Нп–30ХГСА, Нп–40ХЗГ2МФ й ін.) і високолегованих (Нп–40Х13, Нп–45Х4ВЗГФ, Нп–Г13А й ін.) сталей.

Для зварювання й наплавлювання також використовується порошковий дріт (рис. 7.4), який являє собою сталеву оболонку (трубу), заповнену порошкоподібною шихтою, що складається з металевого компоненту та флюсу.

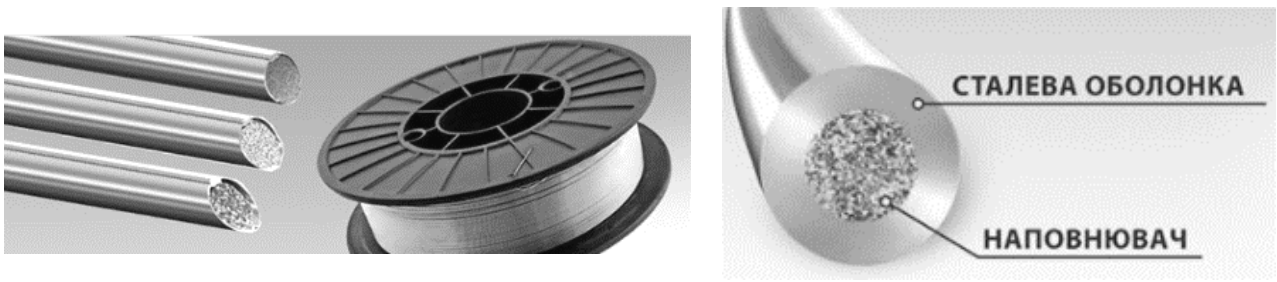


Рисунок 7.4 – Порошковий дріт для зварювання та наплавлення

Найбільш широко застосовуються порошкові дроти діаметром 1,6–3,0 мм. Порошкові дроти призначені для механізованого зварювання й наплавлення сталевих і чавунних деталей, як з додатковим захистом від кисню повітря

флюсом або газом, так і без нього. Порошковий дріт позначається літерами «*ПП*». Перевагою застосування порошкового дроту є можливість отримання в широких межах хімічного складу і якості металу шва за рахунок підбору шихти. Порошковий дріт випускають чотирьох типів: для наплавлювання під флюсом, у середовищі захисних газів, в атмосфері повітря та універсальну.

При ручному дуговому зварюванні застосовуються зварювальні електроди, які діляться на типи (по твердості наплавленого металу) і марки (по хімічному складу). Тип електрода позначається буквою «Э» із вказівкою праворуч міцності металу зварного шва при розтягуванні, МПа. Наприклад, тип стрижня – Э46, марка покриття – УОНИ–13/55.

Як електродний дріт в АРП застосовуються наступні марки: Св–08; Св08А; Св–08Г; Св–08ГА; Св–10Г2 тощо. Електроди для наплавлення поверхонь позначають літерами «ЭН» і числом, що вказує твердість наплавленого металу без термообробки.

Для захисту розплавленого металу від окислювання киснем, насичення азотом повітря, введення у зварювальний шов легуючих компонентів застосовуються електроди із спеціальними покриттями, які по призначенню поділяються на *іонізуючі* (тонкі) з товщиною покриття 0,1–0,25 мм та *якісні* (товсті) з товщиною покриття 0,5 – 1,5 мм на сторону.

Найпоширенішим іонізуючим покриттям є крейдова обмазка, що складається з 80–85 % крейди та 15–20 % рідкого скла. Тонкі іонізуючі покриття електродів служать для забезпечення стійкого горіння дуги.

До складу якісних покриттів входять наступні речовини: *газоутворюючі* (крохмаль, целюлоза, деревне борошно); *шлакоутворюючі* (польовий шпат, мармур, кварцовий пісок, граніт, титановий концентрат, мармурова руда й ін.); *розкислюючі* (феромарганець, феросиліцій, Са, А1, Ті, що мають більшу спорідненість до кисню, чим залізо); *легуючі* (ферохром, феромолібден, феротитан й ін.); *зв'язувальні* (рідке скло, декстрин тощо.).

Для видалення оксидів і запобіганню розплавленого металу від вторинного окислювання застосовуються флюси, які можна розділити на три групи: *плавкі, неплавкі та керамічні.*

Для приготування *плавкого флюсу* його компоненти перемішують у необхідній пропорції, розплавляють і після затвердіння подрібнюють до потрібного розміру. До цієї групи відносяться флюси: АН–348А, ОСЦ–45, АН–60, АН–10, АН–20, АН–30, призначені для зварювання вуглецевих і низьковуглецевих сталей. Склад плавких флюсів наведений у табл. 7.1.

Неплавкі флюси виготовляються простим перемішуванням вихідних компонентів. Ці флюси можуть бути твердими або рідкими речовинами. Типовим представником даної групи є флюс АФ–4А, що застосовується для зварювання алюмінію і його сплавів (табл. 7.2).

Керамічні флюси відрізняються від плавких тим, що після перемішування компоненти флюсу спікаються при температурі близько 800 ºС, що забезпечує збереження необхідних властивостей вихідних речовин; тоді як при плавленні частково знижується активність флюсу. До цієї групи відносяться флюси: АНК18, АНК–19, АНК–30, ЖСН–1. Наприклад, АНК–18 має наступний склад у

відсотках: CaCOз – 6–7; CaF2 – 26–28; MgO – 26–30; Al2O3 – 17–18; SiO2 – 7–11; Na2SO4 або KO2 – 2,0 –2,3; Cr – 5,2–6,5; Mn – 2,0–2,5; C – 0,12–0,20; Ti – 0,2–0,3; Al – 1,9–2,0; Si –0,2–0,3; Fe – 3–4; S і P – до 0,15.

Таблиця 7.1 −Склад зварювальних плавлених флюсів

Марка флюсу	*Склад по масі, %*								
	MnO	CaO	MgO	Al_2O_3	CaF_2	S	P	Fe_2O_3	SiO_2
Ан–348А	34–38	6,5	5,0–7,5	4,5	4,0–5,5	0,15	0,12	2	41–44
ОСЦ–45	38–44	6,5	2,5	5,0	6–9	0,15	0,15	2	38–44
АН–60	36–41	3–11	0,5–3	5,0	5–8	0,15	0,15	1,5	Решта
ФЦ–9, ОСЦ–45М	38–41	6,5	2,5	10–13	2–3	0,1	0,1	2	Решта
АН–10	29–34	3–5	до 1,2	19–21	18–24	0,15	0,2	1.2	20–23
АН–20	До 0,5	5	11	30	29	0,08	0,05	1,0	22

Таблиця 7.2 −Зміст і характеристика неплавлених флюсів

Марка флюсу	*Компоненти*	*Склад, %*	*Призначення*
АФ–4А	Хлорид натрію Хлорид калію Фторид натрію Фторид літію	28 50 8 14	Киснево–ацетиленове зварювання алюмінію
АН–А4	Хлорид калію Хлорид літію Кріоліт	50 20 30	Дугове зварювання алюмінію

Режим електродугового зварювання й наплавлення обумовлюється вибором типу, марки й діаметра електрода, сили зварювального струму й полярності (у випадку зварювання на постійному струмі), порядком накладення валиків й ін.

Тип і марку електрода вибирають залежно від хімічного складу й необхідних механічних властивостей відновлюваної деталі.

7.1.2. Електродугове наплавлення під шаром флюсу

При зварюванні і наплавленні деталей під флюсом (рис. 7.5) на відміну від наплавлення відкритою дугою електрична дуга горить під шаром розплавленого флюсу, утворюючи на поверхні шва шлакову кірку. При цьому в зоні зварювання створюється надлишковий тиск газів, які разом з розплавленим флюсом перешкоджають доступу повітря до розплавленого металу.

Наплавлення під флюсом забезпечує найвищу якість наплавленого металу, так як зварювальна ванна захищена від шкідливого впливу кисню й

азоту повітря. Окрім того, повільне охолодження металу під флюсом сприяє більш повному видаленню з рідкого металу газів і шлакових включень, що також сприяє поліпшенню якості шва.

Повільне охолодження наплавленого металу забезпечує більш сприятливі умови для протікання дифузійних процесів і легування металу через електродний дріт і флюс.

Перевагою зварювання і наплавлення під флюсом є також відсутність розбризкування металу завдяки статичному тиску флюсу і відсутності реакції відновлення оксидів заліза вуглецем з утворенням вуглекислого газу, оскільки відсутнє окиснення металу. В результаті виконання флюсом своїх функцій створюються умови для досягнення високого термічного ККД наплавлення.

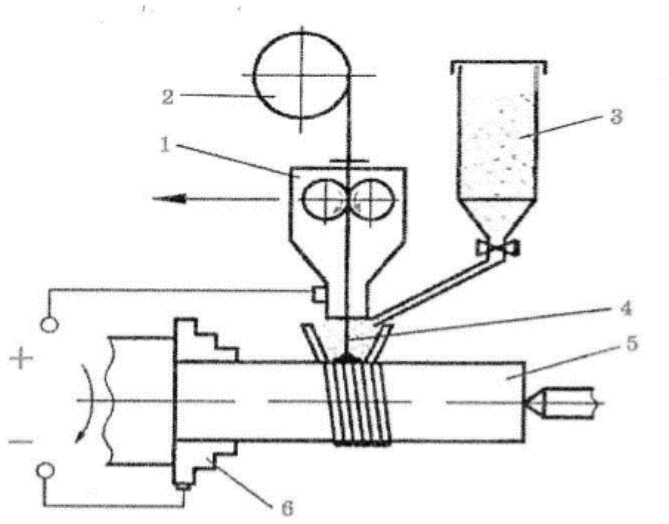


Рисунок 7.5 − Принципова схема електродугового наплавлення деталей під флюсом: 1 – наплавляюча голівка; 2 – касета з електродним дротом; 3 – бункер з флюсом; 4 – електродний дріт; 5 – відновлювана деталь; 6 – патрон токарного верстату

На рис. 7.6 наведена схема формування покриття при наплавленні циліндричної поверхні під шаром флюсу.

Автоматичне наплавлення під флюсом відрізняється висо–кою продуктивністю процесу.

Коефіцієнт наплавлення в 1,5 рази вищий, ніж при ручному наплавленні, і становить $\alpha_н$ = 14–15 г/А·год. Продуктивність процесу в залежності від величини зварювального струму коливається в межах 1,5–10,0 кг/год. Товщина шару наплавленого металу в залежності від режиму може бути отримана в межах 0,5–5,0 мм.

Підвищення продуктивності процесу і менше вигорання легуючих елементів у вихідних матеріалів забезпечує багатоелектродне наплавлення під шаром флюсу (рис. 7.7). При цьому блукаюча дуга горить між заготовкою і найближчим до неї електродом, що дозволяє наплавлювати деталі із значним зносом на великій площі.

Основними перевагами способу наплавленням під флюсом є:

– підвищення продуктивності процесу в 6–8 разів за рахунок застосування більших щільностей струму і більш високого, ніж при ручному коефіцієнта наплавлення;

– економічність процесу через відсутність втрат електроенергії на випромінювання світла і тепла та економії електродного матеріалу (ККД електричної дуги під флюсом 0,86–0,92, втрати електродного матеріалу на

вигоряння і розбризкування 5 %, у той час як ККД відкритої дуги 0,4, а втрати металу – 25 %);

– можливість отримання великої товщини шару металу (1,5–5,0 мм), що дозволяє відновлювати деталі з великим зносом;

– рівномірність шару і невеликі припуски на обробку;

– висока якість наплавленого металу завдяки надійному захисту від впливу повітря і за рахунок легування металу;

– поліпшення умов праці зварювальників за рахунок відсутності ультрафіолетових випромінювань.

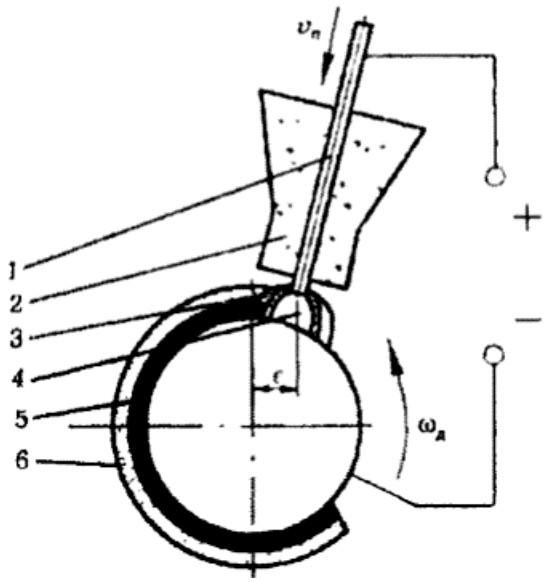


Рисунок 7.6 – Схема наплавлення під шаром флюсу: 1 – електрод; 2 – бункер з флюсом; 3 – оболонка розплавленого флюсу; 4 – газова бульбашка; 5 – наплавлений метал; 6 – шлакова кірка; e – зміщення електрода з зеніту; v_n – швидкість подачі дроту; $\omega_д$ – кутова частота обертання деталі

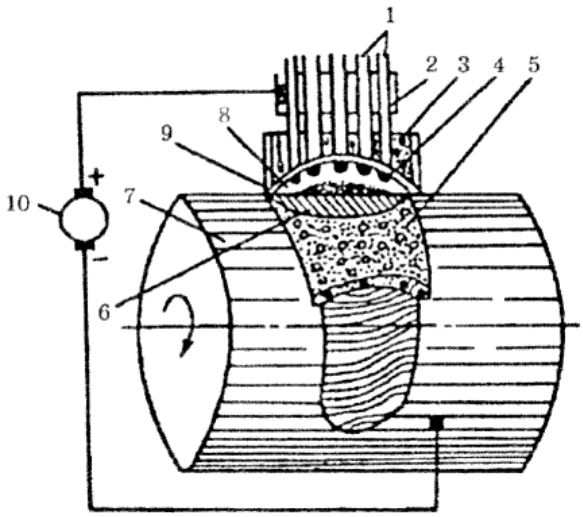


Рисунок 7.7 − Багатоелектродне наплавлення під шаром флюсу: 1 – електроди; 2 – струмопідвідний контакт; 3 – флюс; 4 – електрична дуга; 5 – шлакова кірка; 6 – наплавлений метал; 7 – відновлювана деталь; 8 – газова бульбашка; 9 – оболонка розплавленого флюсу; 10 – джерело струму

До недоліків процесу, слід віднести:

– інтенсивне нагрівання деталі при наплавленні, яке змінює результати попередньої термічної обробки;

– неможливість наплавлення деталей малого діаметру (менше 40 мм) із–за стікання металу і труднощі утримання флюсу;

– необхідність трудомісткого видалення шлаків кірки;

– зниження втомної міцності деталей до 20 – 40 % за рахунок залишкових напружень, пористості і структурної неоднорідності.

7.1.3. Електрошлакове зварювання

При електрошлаковому зварюванні (рис. 7.8) основний і електродний метали розплавляються теплотою, що виділяється при проходженні електричного струму через шлакову ванну. Процес електрошлакового зварювання починається з утворенні шлакової ванни в просторі між кромками основного металу і формуючими пристроями – повзунами.

Електрошлакове зварювання має ряд переваг порівняно з автоматичним зварюванням під флюсом: підвищену продуктивність, кращу макроструктуру шва і менші витрати коштів на виконання 1 м зварного шва. Електрошлакове зварювання широко застосовують у важкому машинобудуванні для виготовлення ковано-зварних і лито-зварних конструкцій, таких як станини і деталі могутніх пресів і верстатів, колінчасті вали судових дизелів, ротори і вали гідротурбін, казани високого тиску і т. д.

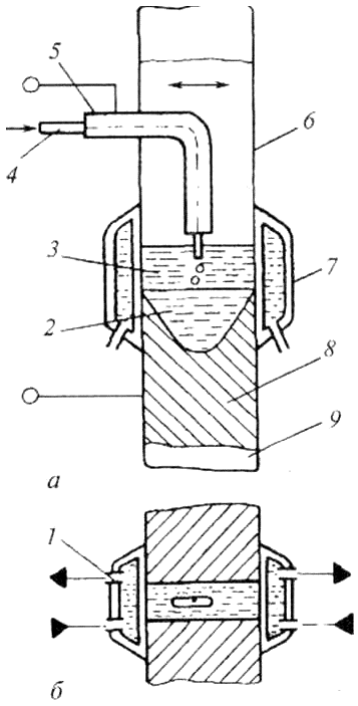


Рисунок 7.8 − Схема електрошлакового зварювання

7.1.4. Електронно-променеве, лазерне та плазмове зварювання

Для зварювання нержавіючих металів, сплавів на основі алюмінію та титану, кераміки та металокераміки використовують *електронно-променеве зварювання.*

Зварювання відбувається у вакуумних камерах (*основний недолік електронного зварювання*), при цьому отримують шов високої якості.

Для з’єднання виробів із міді та танталу, вольфраму і алюмінію, металів із неметалами, а також у випадках приварювання контактів напівпровідникових пристроїв, тонкоплівкових схем *використовують лазери*.

Для з’єднання напівпровідникових та діелектриків *використовують плазмове зварювання*.

Плазмовим зварюванням можна з’єднувати вироби товщиною 0,08–5 мм з утворенням якісного шва.

7.1.5. Вібродугове наплавлення

Сутність процесу відродугового наплавлення (рис. 7.9) полягає у наступному: до наплавляємої поверхні деталі 1, що обертається роликами 5 з касети 6 через вібруючий мундштук 9, подається електродний дріт 10. Вібрація мундштука з частотою 50–100 Гц здійснюється за допомогою електромагнітного вібратора 7 і пружини 8 . Внаслідок вібрації відбувається замикання і розмикання зварювального ланцюга між електродним дротом і деталлю та холостий хід.

В момент короткого замикання зварювального ланцюга напруга різко падає до нуля, а сила струму зростає до максимальної величини. При розмиканні зварювального ланцюга напруга між електродами швидко підвищується до 24 – 30 В і відбувається дуговий розряд, в результаті якого електродний дріт оплавлюється і у вигляді крапель переноситься на поверхню деталі.

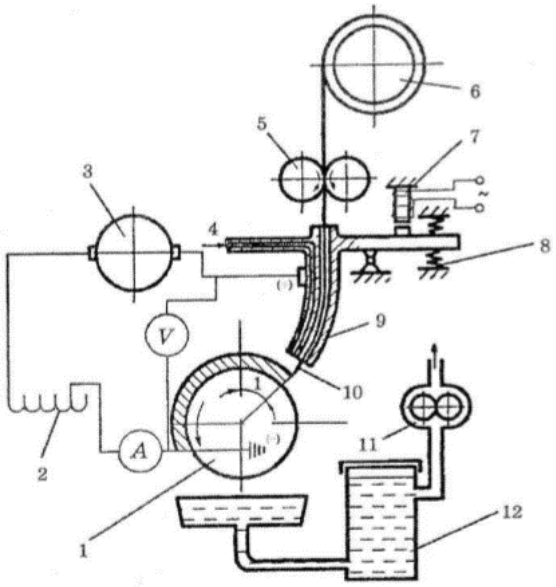


Рисунок 7.9 − Схема установки для вібродугового наплавлення деталей

Електричний струм від джерела 3 підводиться до деталі через ковзний контакт. Для підвищення стійкості і тривалості дугового розряду у зварювальний ланцюг включають індуктивний опір 2. У зону наплавлення металу через канал 4 за допомогою насоса 11 подається охолоджувальна рідина з фільтро-відстійника 12, в результаті чого відбувається загартування наплавленого металу. В якості охолоджувальної рідини рекомендується застосовувати 4–6 відсотковий розчин кальцинованої соди або 10–20%–ий водяний розчин технічного гліцерину.

Для отримання наплавленого металу більш високої якості вібродугове наплавлення рекомендується здійснювати при постійному струмі зворотньої полярності, так як міцність зчеплення наплавленого металу з основним металом деталі значно вища, ніж при наплавленні на змінному струмі.

Проте разом з перевагами спосіб вібраційного наплавлення має і *недоліки. До них можна віднести* неоднорідність структури і твердості наплавленого металу, а також можливість утворення пор і мікротріщин по межам перекриття окремих валиків. Тому в покритті утворюється внутрішнє розтягуюче напруження, яке знижує втомну міцність деталей на 30–40%.

Процес вібродугового наплавлення широко застосовують при відновленні сталевих деталей (осей, штовхачів), працюючих в умовах зношування при невисоких вимогах до втомної міцності.

7.1.6. Зварювання в середовищі захисних газів

Суть способу полягає в тому, що в зону горіння електричної дуги під тиском подається захисний газ, який, відтісняючи повітря, захищає розплавлений метал зварювальної ванни від шкідливого впливу на нього кисню та азоту.

Зварювання в захисних газах може виконуватися плавким електродом і неплавким електродами (вугільним або вольфрамовим). У авторемонтному виробництві застосовують *автоматичне та напівавтоматичне зварювання і плавким і неплавким електродами*.

При зварюванні і наплавленні плавким електродом електродний дріт подається в зону горіння дуги через спеціальну газоелектричну горілку, до якої підводяться електричний струм і захисний газ (аргон, гелій, вуглекислий газ, водень, водяний пар та їх суміші).

В якості захисних газів найбільше застосування отримали вуглекислий газ (CO_2) і аргон. Схема наплавлення в середовищі CO_2 наведена на рис. 7.10.

Зварювання і наплавлення в середовищі CO_2, як правило, ведуть при постійному струмі зворотньої полярності. Це забезпечує стійкість процесу.

Живлення вуглекислим газом здійснюється за схемою: балон – підігрівач – осушувач – понижувальний редуктор – витратомір – наплавляюча головка (1 балон вуглекислоти (25 л) дає 10–12 м^3 CO_2; з 1 кг утворюється 509 л CO_2).

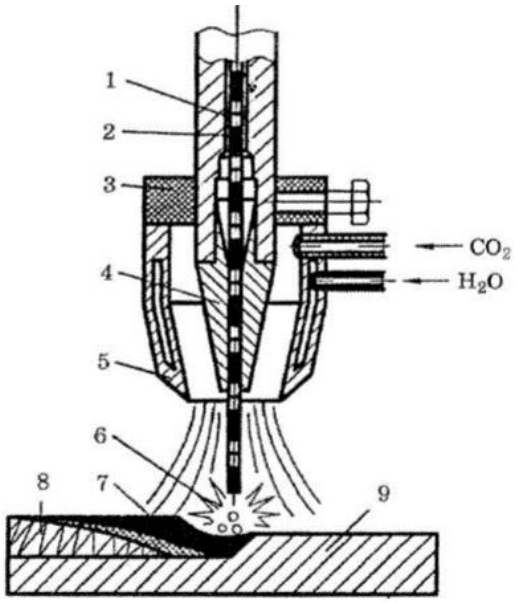


Рисунок 7.10 − Схема наплавлення в середовищі вуглекислого газу: 1 – мундштук; 2 – електродний дріт; 3 – пальник; 4 – наконечник; 5 – сопло пальника; 6 – електрична дуга; 7 – зварювальна ванна; 8 – наплавлений метал; 9 – відновлювана деталь

Вуглекислий газ здійснює подвійну дію на якість зварного з'єднання. З одного боку, CO_2 захищає розплавлений метал від шкідливого впливу кисню й азоту повітря, а з іншого боку, під дією високої температури дуги CO_2 дисоціює на оксид вуглецю CO і атомарний кисень O: $CO_2 \rightarrow CO + O$ і окислює розплавлений метал.

Оксид вуглецю також частково дисоціює на C і O: $CO \rightarrow C + O$.

Атомарний кисень володіє високою хімічною активністю і здатний окислювати всі елементи, що входять до складу електродного дроту й основного металу, у тому числі і залізо.

У загальному вигляді реакція окислення відбувається за рівнянням:

$$Fe + CO_2 \Leftrightarrow FeO + CO\,.$$

У авторемонтному виробництві окрім ручного використовується напівавтоматичне і автоматичне наплавлення у середовищі захисних газів при відновленні широкої номенклатури деталей трансмісії і ходової частини автомобілів, а також зварювання деталей зі сплавів алюмінію і тонколистової сталі при ремонті кабін, кузовів.

Основними перевагами напівавтоматичного і автоматичного зварювання і наплавлення у середовищі захисних газів є: висока продуктивність завдяки більш повному використанні тепла зварювальної дуги (у 1,2–1,5 рази вище, ніж при наплавленні під флюсом, і в 3–5 разів вище, ніж при ручному);

висока якість наплавленого металу і зварних швів; відсутність потреби в очищенні шва від шлаків, що особливо важливо при багатошаровому наплавленні; можливість зварювання (наплавлення деталей) будь-якої товщини і діаметра; можливість спостереження за ходом зварювання й наплавлення, що забезпечує точність накладення шва; значне зменшення жолоблення металу при відновленні деталей з тонколистової сталі завдяки охолоджувальному дії захисного газу.

Впровадження напівавтоматичного зварювання в середовищі CO_2 у виробництво при ремонті кабін, кузовів знижує обсяг ручних робіт на 60 %.

До недоліків способу можна віднести: втрати металу до 5 – 10 % за рахунок підвищеного розбризкування; зниження утомної міцності на 10 – 20 % і зниження в окремих випадках зносостійкісті; обмежені можливості легування металу наплавленого шару (тільки за рахунок підбору електродного дроту).

Перспективним є спосіб автоматичного наплавлення деталей в середовищі CO_2 з направленим охолодженням, при якому на наплавлений метал, коли температура його дорівнює або вище температури загартування, подається охолоджуюча рідина (5%–ний розчин кальцинованої соди у воді), що забезпечує загартовування нанесеного шару.

7.1.7. Газове зварювання

Газове зварювання широко використовуються в авторемонтному виробництві при ремонті кузовів й інших виробів з тонколистового металу, а також для відновлення деталей.

Значні деформації металу, що виникають при газовому зварюванні, обмежують можливості вибору раціональних форм зварних з'єднань (рис 7.11). З різноманітних форм зварних з'єднань, виконуваних дуговим зварюванням, при газовому зварюванні користуються, як правило, лише найпростішим стикових з'єднанням. Кутові шви, з'єднання нахлесточно і таврові, при газовому зварюванні, використовуються лише у випадках необхідності через труднощів, створюваних значними деформаціями металу, властивими газовому зварюванні.

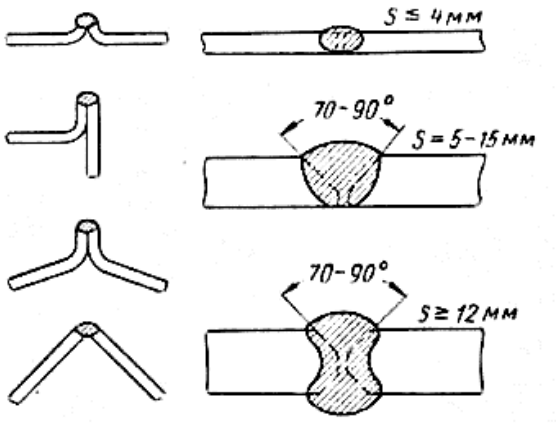


Рисунок 7.11 − Форма з'єднань, що застосовуються при газовому зварюванні

При газовому зварюванні плавлення металу відбувається за рахунок теплоти, що виділяється при згорянні горючих газів у середовищі кисню. Такими газами є: ацетилен, пропан, бутан, метан тощо [92].

Найбільшого поширення отримало киснево-ацетиленове зварювання. Залежно від співвідношення (по масі) кисню й ацетилену розрізняють три види полум'я.

Для нейтрального – відношення $\frac{O_2}{C_2H_2} = 1,0-1,2$; для відновлювального – 0,8–0,9, а для окислювального – 1,2–1,5.

Як правило зварювання й наплавлення ведуть нейтральним полум'ям (рис 7.12 і рис. 7.13).

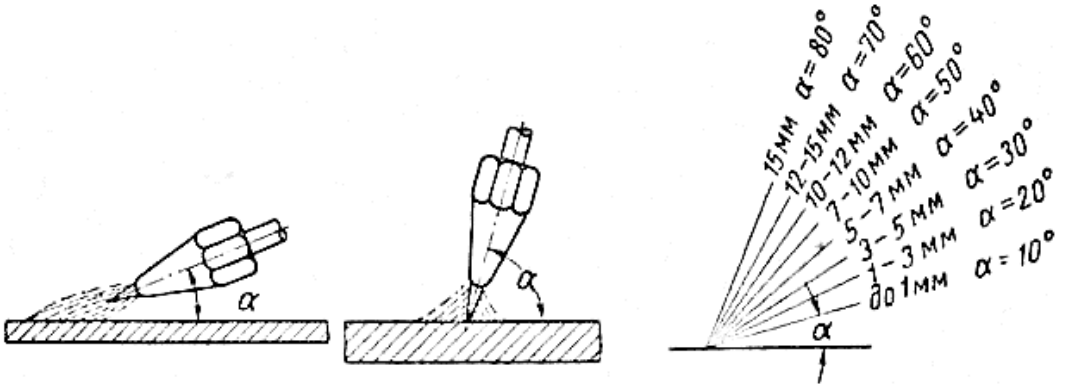


Рисунок 7.12 − Застосовувані кути нахилу пальника в залежності від товщини металу

Зварювання й наплавлення деталей відновлювальним полум'ям призводить до підвищення твердості й крихкості металу й застосовується при зварюванні деталей із низьковуглецевих сталей.

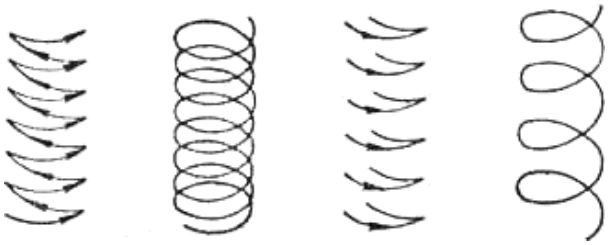


Рисунок 7.13 − Схема поперечних коливальних рухів мундштука пальника

Зварювання окислювальним полум'ям призводить до утворення оксидів у розплавленому металі, які погіршують якість з'єднання. Тому окислювальне полум'я непридатне для зварювання сталі, а застосовується лише для різання металів і зварювання деталей з латуні.

Для запобігання окислюванню розплавленого металу, особливо при зварюванні легованих сталей, застосовуються різні флюси. Внаслідок нерівномірного нагрівання деталі в зоні біля шва, що становить при газовому зварюванні 25–30 мм, виникають структурні зміни в основному металі деталі, що знижують механічні властивості металу й сприяють виникненню деформації деталі. Для запобігання або зменшення деформації деталей необхідно попередньо їх підігрівати й повільно охолоджувати.

При газовому зварюванні необхідно правильно вибрати режим зварювання, що залежить від властивостей металу, розміру деталі тощо. Так, витрати горючого газу (ацетилену) (Q, л/год) визначають за формулою:

$$Q = A \cdot S, \tag{7.1}$$

де A – коефіцієнт, що залежить від металу деталі, л/год на 1 мм товщини деталі (для вуглецевих сталей – А = 100 – 120; високолегованих сталей – А = 75; чавуну, міді – А = 150; алюмінієвого сплаву – А = 100); S – товщина металу, що зварюється, мм.

По величині витрат ацетилену вибирають номер наконечника зварювального пальника (табл. 7.3). Найбільш широко застосовуються універсальні інжекторні пальники ГС–53 із змінними наконечниками (№ 1–7).

Таблиця 7.3 −Наконечники до пальника ГС–53 для ручного газового зварювання

Параметри	*Номер наконечника*						
	1	2	3	4	5	6	7
Товщина зварювання, мм	0,5 – 1,5	1,0– 2,5	2,5 – 4,0	4 – 7	7– 10	10– 18	18– 30
Витрати ацетилена, л/год	50– 125	125– 250	250– 400	400– 700	700– 1100	1050– 1750	1700– 2800

Замість ацетилену, як горючий газ, можна використати пропан–бутанову суміш та інші горючі гази. Для цього газу характерна мала швидкість згоряння й незначний діапазон вибухонебезпечності у суміші з повітрям.

На відміну від ацетилену (температура полум'я 3100–3200°С) при згорянні пропан–бутанової суміші температура полум'я не перевищує 2400–2700°С. Тому для зварювання застосовуються спеціальні пальники (ГЗУ, ГЗМ), що працюють із підігрівом газу для підвищення температури полум'я. Однак підігріваючий пристрій не забезпечує істотного підвищення температури полум'я. Тому рекомендується використання звичайних ацетиленових пальників (ГС–53, ГСМ–53) із розсвердленими мундштуками (№ 3 – до 2,2 мм; № 4 – до 2,5 мм; № 5 – до 2,5 мм) і інжекторами (№ 3 – до 0,7 мм; № 4 – до 0,95 мм; № 5 – до 1,5 мм).

Пропан–бутанова суміш застосовується також при відновленні наплавленням багатьох деталей спеціальною горілкою, яка має бункер для порошкових присадочних матеріалів.

Для газополум´яного наплавлення сталевих і чавунних деталей застосовуються порошкові матеріали НПЧ–1, НПЧ–2, НПЧ–3. Склад порошку НПЧ–1 у відсотках: Si – 1,3–1,5; B – 1,2–1,5; Fe – 0,1–0,7; C – 0,1–0,3; Cr – 4–5. Решта – нікель.

Газове зварювання може проводитися в нижньому, вертикальному і стельовому положеннях. *Існує два способи виконання газового зварювання*: лівий і правий способи.

При лівому способі зварювання (рис 7.14, а) попереду переміщається присадний пруток, за ним слід пальник. Зварений шов залишається позаду пальника, полум'я направлено вперед, на основний метал. Найбільш зручно для зварника в цьому випадку переміщати пальник уздовж шва справа наліво.

При правому способі зварювання (рис.7.14, б) попереду переміщається пальник, за нею йде присадний пруток, розташований між швом і пальником. Шов розташований попереду пальника, вважаючи за направленням полум'я, полум'я направлено назад, на зварений шов. При правому способі пальник зазвичай переміщається зліва направо.

Правий спосіб дає кращий ККД. Використання тепла полум'я підвищує продуктивність зварювання і відповідно знижує на 15–20% питома витрата газів. Незважаючи на зазначене перевагу, правий спосіб застосовується досить рідко; це пояснюється тим, що перевага даного способу помітно проявляється лише при зварюванні металу товщиною понад 5 мм, що рідко зустрічається при газовому зварюванні. При зварюванні металів малої товщини правий спосіб, збільшує небезпеку пропалу металу, чому і не застосовується.

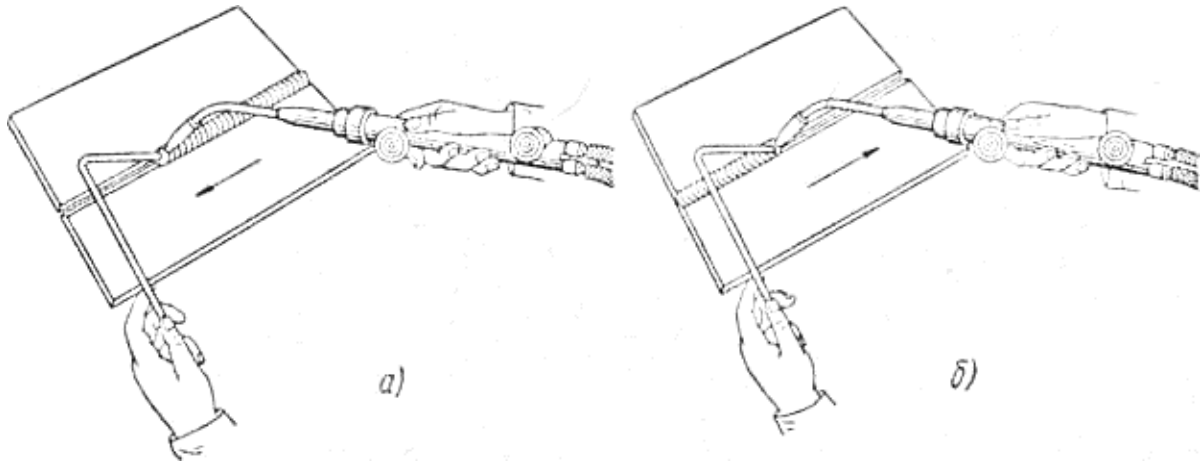


Рисунок 7.14 − Способи виконання газового зварювання: а) лівий; б) правий

7.1.8. Контактне зварювання

Контактне зварювання − основний вид зварювання термомеханічного класу. Нагрівання металу проходить у результаті виділення тепла в зоні контакту зварюваних деталей при пропусканні через них великого зварювального струму. При проходженні струму в місці дотику деталей виникає великий електричний опір і виділяється тепло, яке нагріває метал до пластичною стану. Після цього деталі стискаються і виникає нероз'ємне з'єднання.

Основними способами контактного зварювання є [40]: стикове; точкове; шовне.

Точкове зварювання (ТЗ) − спосіб, при якому деталі зварюються не по всій поверхні з'єднання, а в окремих точках, при контакті електродів, що здавлюють метал та підводять струм (рис. 7.15).

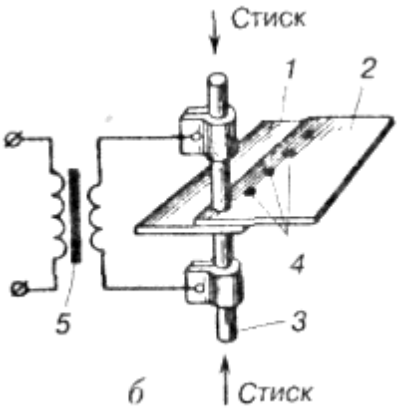


Рисунок 7.15 − Точкове зварювання

Для з'єднання деталей застосовують різні прийоми ТЗ, які в основному характеризуються способом підведення струму. Найбільшого застосування набуло зварювання двома електродами з двостороннім підведенням струму, що застосовується в більшості машин для ТЗ. Іноді один з електродів використовують плоску підкладку, що створює зручність для зварювання – прихватка, в процесі складання деталей в різних пристосуваннях. Для цієї мети мідні підкладки встановлюють в місці встановлення зварювальних точок. При цьому міцність деталей повинна бути такою, щоб під дією зусилля електроду вони не

прогиналися (не деформувалися) в місці зварювання. Зварювання деталей, з яких одна тонкостінна і порожниста, виконують з використанням струмопровідної вставки. Використовують також електроди, поверхня яких відповідає формі деталей.

При точковому зварюванні листи з'єднують внапусток і затискають між мідними електродами, через які пропускають струм від трансформатора. Метал у точці опору сильно нагрівається внаслідок підвищення опору при проходженні струму (0,01–0,5 с). Потім струм вимикають й деталі стискають за допомогою спеціального механізму електродами.

При виготовленні багатьох конструкцій (вагонів, кузовів автомобілів тощо) використовують різні способи точкового зварювання: рельєфне (пресове); автоматичне багато точкове; однобічне точкове.

Точкове зварювання проводять на м'яких і жорстких режимах.

М'якому режимові характерні відносно мала густина струму (70–160 А/мм^2), велика тривалість циклу (0,5–3 с) при порівняно низькому тиску (15–40 МПа). При жорсткому режимові густина струму становить 160–360 А/мм^2, тривалість зварювання 0,2–1,5 с і тиск − до 150 МПа. М'які режими застосовують для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей, а жорсткі − для корозієстійких сталей, алюмінію та мідних сплавів.

Шовне зварювання (ШЗ) − спосіб, при якому між деталями, що сполучаються, утворюється шов, що складається з окремих зварних точок (литих зон), що перекривають або що не перекривають один одного (рис. 7.16).

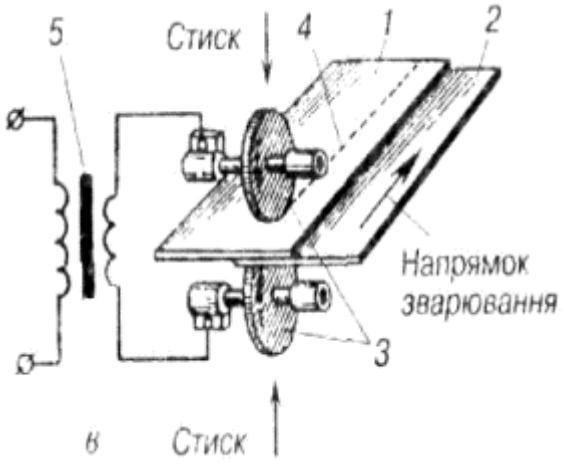


Рисунок 7.16 − Шовне зварювання

За наявності перекриття точок шов буде герметичним. При зварюванні без перекриття шов практично відрізняється від ряду точок (точкового шва), отриманих при ТЗ. Особливістю ШЗ є наявність двох (або одного) дискових електродів–роликів, що обертаються, між якими із зусиллям стискуються і прокатуються деталі, що сполучаються. До роликів підводиться струм для нагріву і розплавлення металу (як при ТЗ) в місці з'єднання.

ШЗ може виконуватися при безперервному русі деталей і безперервному протіканні струму. Цей спосіб знаходить обмежене застосування у зв'язку з сильним перегрівом поверхні деталей, що контактує з роликами, і застосовується при великих швидкостях зварювання. Найбільшого розповсюдження набуло переривисте ШЗ, при якому деталі переміщуються безперервно, а струм включається і вимикається на певні проміжки часу, і при кожному включенні (імпульсі) струму утворюється одинична лита зона. Перекриття литих зон, необхідне для герметичності шва, досягається при

певному співвідношенні між швидкістю руху деталей і частотою імпульсів струму.

Різноманітні прийоми ШЗ в основному відрізняються розташуванням і формою роликів щодо зварюваних деталей. Двостороннє ШЗ аналогічне точковому двосторонньому. Замість одного з роликів може бути застосована оправка, що щільно контактує з внутрішньою деталлю. Для зварювання нерухомих деталей кільцевим швом на площині використовується верхній ролик, який обертається навколо своєї осі і осі шва. Нижня деталь контактує з електродом у формі «чашки».

Стикове зварювання (СЗ) − спосіб, при якому деталі з'єднуються (зварюються) по всій площині їх дотику під дією стискаючого зусилля і нагріву (рис. 7.17). При стиковому зварюванні деталі закріплюють у затискачах і пропускають струм від трансформатора, зближуючи кінці деталей. В площині дотику деталі швидко нагріваються до зварювальної температури. Потім струм вимикають, а деталі стискають. Цим способом зварюють рейки, труби, стрижні, свердла, ланцюги, різці тощо.

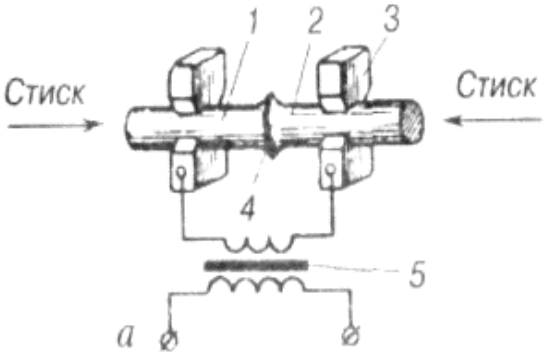


Рисунок 7.17 − Стикове зварювання

Існує два способи стикового зварювання: зварювання опором, при якому торці деталей нагрівають до пластичного стану, а потім стискають; зварювання оплавленням, коли поверхні торців доводять до стану плавлення, після чого їх стискають.

Розрізняють зварювання безперервним і перервним (імпульсним) оплавленням, а також оплавленням з підігрівом. Для захисту металу від взаємодії з газами при стиковому зварюванні хімічно–активних металів використовують захисні інертні гази. Проблемою стикового зварювання є необхідність видалення задирок металу, які утворюються при стисканні, їх зачищають вручну або механічним способом відразу після зварювання.

При нагріві і стисненні металу в зоні стику утворюється з'єднання без розплавлення металу. Для отримання високої і стабільної якості зварні з'єднання повинні мати певні розміри. *До розмірів точкових, шовних і рельєфних з'єднань відносяться* діаметр литого ядра точки або ширина литої зони. Разом з однорядними точковими швами іноді застосовують дворядні з шаховим розташуванням зварних точок, які характеризуються збільшеною шириною зашморгування і відстанню. Розміри точкових, рельєфних і шовних розрахункових (силових) з'єднань передбачає дві групи з'єднань:

- група А з нормальними розмірами;
- група Б із зменшеними розмірами.

Діаметр (ширина литої зони) у з'єднань групи Б на 25–30%, а довжина на 20–25% менше, ніж відповідні розміри групи А. Міцність точкових і рельєфних з'єднань групи Б в середньому удвічі менша, ніж у з'єднань групи Б.

Обладнання та інструменти для контактного зварювання.

Теоретичну основу технології складає ряд фізико–хімічних процесів, що протікають при формуванні з'єднань. Технологія визначає вимоги до зварювального устаткування. Зварювальне устаткування – комплекс пристроїв (механічних і електричних), що забезпечують виконання заданої технології виробництва зварних конструкцій. Устаткування складається з машини, засобів механізації і автоматизації, апаратури управління технологічним процесом зварки. Автотранспорт складається з двох частин:

– механічна частина, що включає конструктивні елементи, що створюють жорсткість і міцність (корпус, станина, кронштейни і т. д.), приводи для стиснення і переміщення деталей і елементи вторинного контуру машини (консолі, електродотримач, електроди);

– електрична частина, що складається з джерела зварювального струму (зварювального трансформатора, випрямляча, перетворювачів струму, акумулятора електричної енергії – батареї конденсаторів і т. д.) і вторинного контуру для підведення струму від джерела живлення до електродів.

Засобами механізації і автоматизації є пристосування до універсальних машин, роботи, автоматичні пристрої, які забезпечують зборку, установку деталей перед зварюванням, переміщення їх під час зварювання і знімання зварених вузлів, заміни форми деталей до, і після зварювання, зачистку деталей, електродів і роликів та ін.

Апаратура управління визначає задану послідовність і тривалість всіх або частини операцій зварювального процесу, управління і регулювання основних електричних і механічних параметрів режиму зварювання, контроль і управління зварювальним процесом по узагальнюючим параметрам, управління приводами засобів механізації та автоматизації, а також збір і обробку інформації про стан приводів машини, про простої, про кількість з'єднань і якості зварювання за зміну, добу і т. д. У ряді випадків апаратура управління з обмеженими функціями вбудовується в машину.

Зварювальні кліщі. Широке застосування точкового зварювання у виробництві виробів великих габаритних розмірів, як наприклад вагонів, літаків, автомобілів, легких будівельних металоконструкцій та ін., зажадало створювати пересувні й переносні точкові машини та переносні пристосування до нерухомих машин, що дозволяють зварювати вироби великих розмірів (рис. 7.18). Переносні пристосування для точкового зварювання мають різні назви: кліщі, скоби, зварювальні пістолети для точкового зварювання.

У більшості випадків для точкового зварювання найбільш зручні приклади конструкції кліщів для контактного зварювання пристосування, що з'єднуються зі зварювальним трансформатором гнучкими проводами. При цьому по виробу пересувається лише одне зварювальне пристосування, що має порівняно невелику вагу, а найбільш важка частина контактної машини, тобто зварювальний трансформатор, залишається на місці.



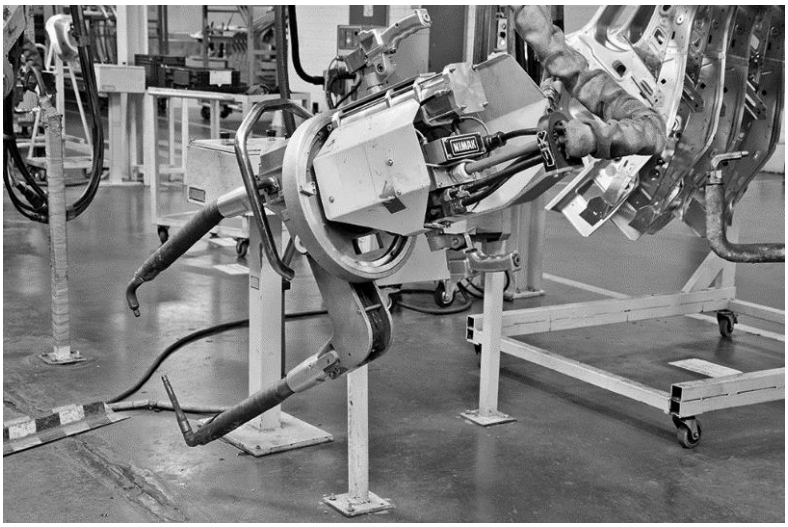


Рисунок 7.18 – Зварювальні кліщі

Провід або кабель для приєднання зварювальних пристосувань має спеціальний пристрій, що забезпечує мінімальну індуктивність зварювального ланцюга і мінімальну вагу кабеля. Для зменшення ваги гнучкий багатожильний кабель закріплюють в гумовий шланг і охолоджується проточною водою. Подібні пристосування широко застосовуються, наприклад, у виробництві автомобілів. У деяких випадках для зварювання металу малої товщини виявляються зручними однополюсні зварювальні пістолети. Пістолет приєднують до одного кінця вторинної обмотки зварювального трансформатора, інший кінець обмотки приєднують до виробу. Це дозволяє отримати зварну точку в будь–якому місці виробу, причому без підведення електрода зі зворотного боку металу.

На рис. 7.19 і рис. 7.20 представлено машини для контактного зварювання. Стаціонарна машина для контактного шовного зварювання КШ 001–02 (рис. 7.19) призначена для контактного шовного зварювання поперечним швом деталей з низьковуглецевих сталей з гальванічним покриттям і без покриття, легованих сталей. Машина виготовлена з шарошечним приводом і нахиленими під кутом 6° один до одного електродами для приварки днищ до обичайок з листової сталі, як з гальванопокриттям, і без покриття. Машина оснащена системою керування зварювальним процесом, побудованому на програмованому контролері, що забезпечує автоматичну стабілізацію заданих параметрів з індикацією фактичних значень.

Машина для контактного точкового зварювання МТР–1211ЕК (рис. 7.20) призначена для контактної точкової зварки змінним струмом виробів з низьковуглецевої сталі. Вона компактна і зручна в експлуатації і дозволяє зварювати широкий асортимент виробів за рахунок радіального ходу електрода, регулювання вильоту електродів і їх вертикального або похилого розташування.

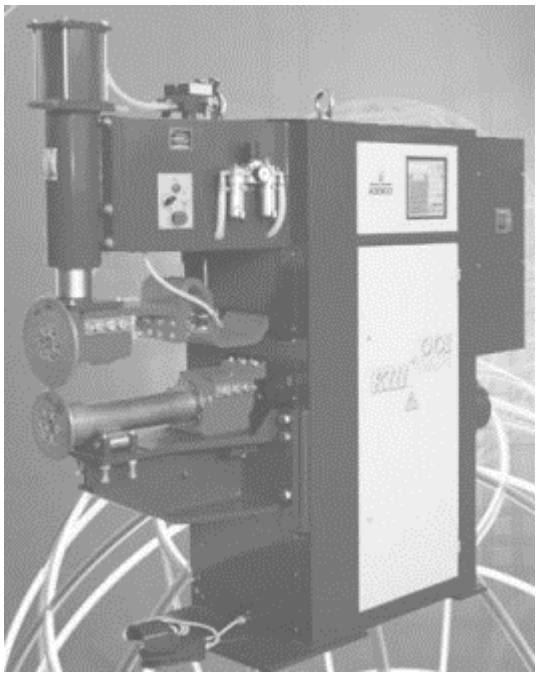


Рисунок 7.19 – Машина стаціонарна для контактного шовного зварювання КШ 001–02

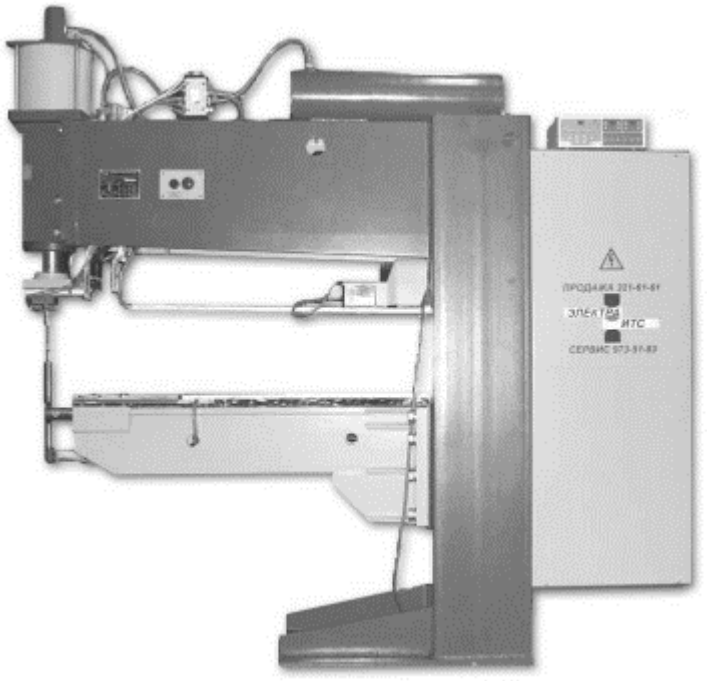


Рисунок 7.20 – Машина для контактного точкового зварювання МТР–1211ЕК

7.2. Технологія зварювання

Зварювальне обладнання повинно відповідати паспортним даним, а також бути оснащене контрольно–вимірними і регулюючими приладами і захисними пристроями, які забезпечують встановлення, дотримання і перевірку необхідних режимів зварювання і безпеку роботи. Допускається застосування переносних контрольно-вимірюваних пристроїв.

Підготовчі операції з налагоджування зварювального обладнання і оснащення необхідно проводити у відповідності з діючою технічною документацією на зварювальне обладнання та оснащення.

Режими зварювання повинні забезпечувати якість зварних з’єднань у відповідності до вимог ОСТ 23.2.429–80 і встановлюються для кожного типу зварного з’єднання в залежності від способу. Товщини зварювальних деталей, марок застосовуваних сталей, зварювальних матеріалів вибираються згідно рекомендацій стандартів.

Виконання швів автоматичним і напівавтоматичним зварюванням повинно проводитись без перерви по всій довжині шва, крім випадків, передбачених технологічним процесом. При багатошаровому зварювані після накладання кожного шару повинна бути проведена очистка шва і зварюваних кромок від шлаку. При двосторонньому зварювані стикових з’єднань з підготовкою кромок корінь шва повинен бути старанно очищений від шлаку і металу, що протікає. При ручному і напівавтоматичному зварювані виконання початкових ділянок швів з’єднань з середньовуглецевих і низьколегованих сталей на підвищених швидкостях не допускається.

Шви зварних з’єднань повинні бути очищені від шлаку. Облицювальні та декоративні поверхні, які доторкаються з зерновими і іншими сільськогосподарськими продуктами, очищаються від бризок, які в процесі експлуатації можуть викликати їх пошкодження. Поверхні, які підлягають фарбуванні, також повинні бути очищенні від зварювальних бризок. Такі поверхні необхідно вказувати в конструкторській документації. Ґрунтування, шпаклювання і фарбування зварних конструкції повинні проводитись тільки після прийманням їх контролем ВТК.

При зварюванні в захисних газах допускається наявність в окремих місцях тонкої шлакової плівки.

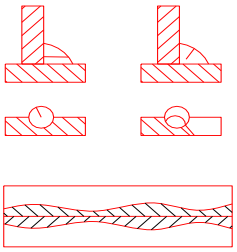
Правка зварних конструкцій після зварювання допускається при умові збереженні міцності зварної конструкції. Спосіб правки встановлюється розробником технічної документації в залежності від призначення конструкції і вказується в технологічному процесі.

На кожній зварній конструкції I класу повинно бути тавро зварника, який виконував зварювання. Місце постановки тавра вказується в технологічних картах.

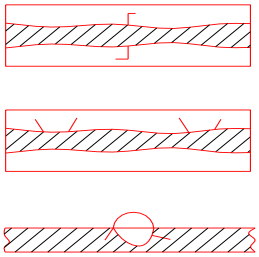
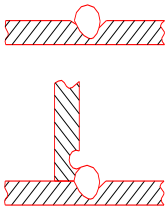
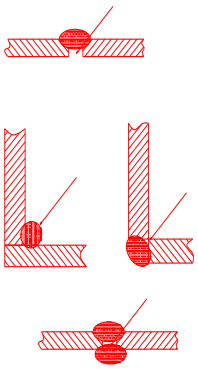
7.3. Технічні вимоги до якості зварних з’єднань

Готові зварні з’єднання не повинні мати дефектів, які виходять за межі норм, встановлених ОСТ 23.2.429–80 (табл. 7.4).

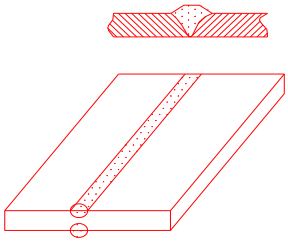
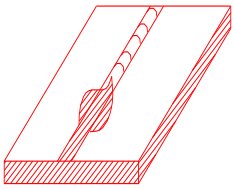
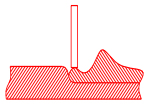
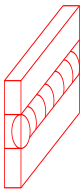
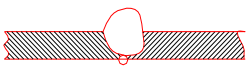
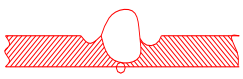
Таблиця 7.4 −Основні дефекти в зварних з’єднаннях і їх допустимість без виправлення

Дефект	*Причина утворення дефекту*	*Допустимість дефекту без виправ–лення в зварних конструкціях*		
		I класу	*II класу*	*III класу*
1	2	3	4	5
Тріщини в зварних швах 	Підвищений склад вуглецю, сірки і фосфору. Застосування електродів з кислим чи рутиловим покриттям. Жорсткість закріплення не відповідає конструкції зварного з’єднання Невідповідність режимів зварюваним матеріалом	Не допускається		

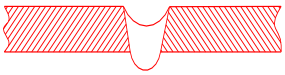
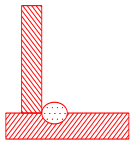
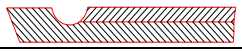
Продовження таблиці 7.4

1	2	3	4	5
Тріщини в зоні термічного впливу 	Високі внутрішні напру–ження, які перевищують деформаційні здатності в шві і колошовній зоні. Схильність матеріалу до загартування. Підвищення вмісту вологи в покриттях, флюсові і захисні гази. Підвищена швидкість охолодження. Перегрів колошовної зони	Не допускається		
Підрізи основного металу 	Неправильний режим зварювання. Неправиль–не розташування електроду чи зварювального дроту. Нерівномірність покриття дроту	В з’єднаннях з середньовугле–цевих сталей тільки в мало–доступних місцях і в усіх з’єднаннях з маловуглеце–вих сталей, якщо підрізи не перевищу–ють 10% тов–щини деталей, але не більше 0,5 мм	Якщо глибина підрізу не перевищує 10% товщини деталей, але не більше 1,0 мм	Якщо глибина не перевищує 15% товщини деталей, але не більше 1,5 мм
Непровар 	Неправильна підготовка кромок і складання під зварювання. Неправильний режим зварювання	В стикових швах, викона–них без опори і розташованих в місцях міні–мальних нап–ружень, при неможливості підварювання з протилежної сторони, якщо дефект не пе–ревищує 10% товщини шва. В кутових швах не допускається підварювання	В стикових швах при зварювані без опори і немо–жливість під–варювання з протилежної сторони шва і в кутових швах, якщо дефектна ділянка не пе–ревищує 20% товщини шва при товщині деталей до 10 мм і не більше 2,0 мм на довжині10 мм	В стикових швах при зварювані без опори і немо–жливість під–варювання з протилежної сторони шва і в кутових швах, якщо де–фектна ділянка не перевищує 20% товщини шва при тов.–щині деталей до 10 мм і не більше 2,0 мм на довжині 10 мм

Продовження таблиці 7.4

1	2	3	4	5
Газові пори і шлакові включення 	Наявність масла, іржі й інших забруднень. Підвищена вологість обмазки, флюсів, захисних газів. Валика довжина дуги. Велика швидкість зварювання з швидким остиганням зварювальної ванни. Недостатня розкисленість електродів флюсів і основного металу	Не допускається в повздовжніх швах розташовувати в зоні максимальних напружень. В решті швах допускаються одиничні пори, але не більше 3 пор на довжині 100 мм при товщині деталей до 9 мм	Не допускаються кучно розташовані пори. Одиничні пори до 4 пор на 100 мм шва при відстані між порами не менше 10 мм	Не допускаються кучно розташувані пори. Одиничні пори до 10 пор на 100 мм шва
Пропал 	Велика сила зварювального струму при зниженій швидкості зварювання. Великий зазор. Недостатнє притуплення кромок	НЕ ДОПУСКАЄТЬСЯ		
Напливи  	Завелике нахилення виробу в сторону обертання до напрямку зварювання. Магнітне дуття. Нерівномірне переміщення електроду. Підвищена вологість флюсу	Для коротких швів в малодоступних місцях при висоті напливу не більше 30% висоти шва і загальною довжиною не більше 20% довжини шва	Не допускається висота наплив більше 50% висоти шва. Загальна довжина наплив не повинна перевищувати 20% довжини шва	Не допускається висота напливу більше 50% висоти шва
Високий гребінь без ослаблення шва по краях 	Низька напруга дуги. Недостатня сила зварювального струму	Не допускається висота гребеня більше 2 мм від рівня поверхні шва	Не допускається висота гребеня більше 3 мм від рівня поверхні шва	Допускається
Високий гребінь і ослаблення шва по краях 	Невідповідність вибраних режимів зварювання формі розробки кромок	Не допускається	Не допускається глибина ослаблення більше 10% товщини деталі, а при товщині деталі 10 мм більше 1 мм	Не допускається глибина ослаблення більше 15% товщини деталі

Закінчення таблиці 7.4

1	2	3	4	5
Неповно мірність січення 	НЕ ДОПУСКАЄТЬСЯ			Не допускаєть–ся неповно мірність біль–ше 10% тов–щини деталі, а при товщині деталі більше 10 мм більше 1 мм
Протікання металу з місцевим ослабленням шва 	Велика сила зварювального струму. Недостатня швидкість зварювання. Великий зазор	У відповіднос–ті з вимогами ГОСТ 14771–76, але не більше 0,5 мм	Не допускаєть–ся величина ослаблення більше 1,0 мм. Загальна дов–жина з ослаб–ленням не по–винна переви–щувати 20% довжини шва	Не допускаєть–ся величина ослаблення більше 1,0 мм. Загальна дов–жина з ослаб–ленням не перевищує 30% довжини шва
Провар тільки однієї кромки 	Неправильні коливальні рухи електроду. Непостійна швидкість зварювання.	НЕ ДОПУСКАЄТЬСЯ		
Нерівномірне заповнення шва	Неправильні коливальні рухи електроду. Непостійна швидкість зварювання	В межах допусків на розміри шва при відсутності підрізів від нерівномірності заповнення	При відсутності підрі–зів від нерівномір–ності заповнення	
Кратер 	Різке обривання дуги	НЕ ДОПУСКАЄТЬСЯ		

При наявності в зварному з’єднанні різних дефектів, допустимих без виправлення у відповідності з табл. 7.4, загальна довжина ділянок з дефектами не повинна перевищувати в з’єднаннях I класу 15% від загальної довжини шва. При наявності в зварних швах дефектів, які перевищують норми, виправлення дефектів швів слід проводити з врахуванням рекомендації табл. 7.5.

Виправлення дефектів в зварних конструкціях I класу не допускається більше 2 разів на одному місці.

В зварних з’єднаннях допускається такі відхилення від розмірів, вказаних в кресленнях: по величині кроку переривистого шва 10 мм; по довжині суцільного зварного шва, виконаного ручним дуговим зварюванням: при довжині шва більше 500 мм +10 мм; при довжині шва менше 500 мм +10–5 мм.

При необхідності забезпечення більш жорстких допусків на розміри зварних швів останні повинні бути обумовлені в технічних вимогах креслення.

Таблиця 7.5 − Рекомендовані способи усунення дефектів в зварних швах

Дефект	*Спосіб усунення*
Тріщини в зварних швах і в зоні термічного впливу	Видалити ділянку з тріщинами і зварити знову
Підрізи основного металу	Підварити тонким швом. При необхідності повинна бути забезпечена зачистка шва для створення плавного переходу до основного металу
Непровар	Видалити дефектну ділянку і заварити знову
Газові пори і шлакові включення	Видалити ці дефекти, заварити знову дефектну ділянку з кучно розташованими порами. Ліквідувати повторним зварюванням одиничні зовнішні пори. При виправлені ділянок з одиничними порами і шлаковими включеннями допускається застосування засвердлювавння з наступним заварюванням отвору.
Пропал	Розчистити дефектне місце і підварити
Наплив високий гребінь без ослаблення шва по краях	Видалити, зачистити
Гребінь шва ослаблений по краях, неповномірність січення шва	Перекрити шов повторно
Протікання металу з місцевим ослабленням шва	Підварити ослаблені місця після зачистки протікання
Провар тільки однієї кромки	Видалити шлак, наложити шов для проварювання обох кромок
Нерівномірне заповнення шва	Підварити дефектну ділянку після видалення шлаку
Кратер	Заварити

7.4. Контроль якості зварних з'єднань

Контроль якості зварних з'єднань включає: попередній контроль; операційний контроль; остаточний контроль.

Встановлюються такі об'єкти попереднього контролю: кваліфікація зварювальника; стан зварюваного обладнання, апаратури і складально–зварювального оснащення; комплексність технічної документації; вихідні матеріали; вимірювальні прилади та інструменти.

Встановлюються такі об'єкти операційного контролю: підготовка деталей до зварювання; складання під зварювання; зварювання.

Контроль якості зварних з'єднань слід проводити періодично, у відповідності з вимогами ОСТ 23.2.429–80 і в процесі, встановленому графіками перевірки і технічними процесами, затвердженими в встановленому порядку.

Методи контролю якості швів зварних з'єднань в залежності від характеристики дефекту і технічних вимог повинні відповідати ОСТ 23.2.429–80. При виробленні методики проведення контролю слід керуватися державними стандартами зі зварювання та іншими нормативно-технічними документами по контролю якості зварних з'єднань, які діють в галузі.

Зовнішньому оглядові і вимірюванням повинні підлягати зварні конструкції всіх класів. Допускається, при необхідності, приймання зварних з'єднань за зовнішнім виглядом і за еталонними зразками, а при дрібносерійному виробництві та великих розмірах зварних конструкціях за зовнішнім виглядом і за еталонними зразками типових з'єднань.

Встановлюються такі норми контролю ВТК зовнішнім виглядом і вимірюваннями: для конструкції I класу 100%; для конструкції II класу 50%; для конструкцій III класу 10%.

Контроль якості зварних зєднань по методу технічних проб повинен проводитись згідно вимог відділу технічного контролю (ВТК) в обсязі, встановленому ОСТ 23.2.429–80.

Контроль міцності і пластичності зварних з'єднань конструкцій всіх класів слід проводити за вимогою ВТК, при сумнівних або спірних результатах оцінки якості – за технологічними пробами. Визначення механічних властивостей зварних з'єднань проводиться на зразках, вирізаних з зварних або з заготовок, зварених в тих самих умовах, що і зварні конструкції, з відповідністю до ОСТ 23.2.429–80. Допускається піддавати випробуванням на міцність готові зварні конструкції. Методика випробовування і кількість зварних конструкції, які випробовуються руйнуванням, встановлюються ВТК в залежності від конструктивних особливостей і призначення виробів.

При випробуванні зразків, виконаних ручним дуговим зварюванням, значення межі міцності при розтягові та кути згину повинні відповідати ОСТ 23.2.429–80.

При випробовувані зразків, виконаних автоматичним і напівавтоматичним дуговим зварюванням, значення межі міцності при розтягові і кути згину не повинні бути нижчі відповідних показників основного металу.

При отримані незадовільних результатів будь-якого методу контролю контрольовані зварні конструкції повинні бути виправлені. Якщо за характером дефекту або за технічними умовами на даний виріб виправлення дефектів неможливе, зварні конструкції слід бракувати.

Прийняті зварні конструкції повинні мати тавро ВТК і особисте тавро зварювальника. Місце постановки тавра повинно бути вказане в карті технологічного процесу.

7.5. Потокові лінії складання та зварювання автотранспорту

Розробляючи технологію, особливо важливо правильно розділити кузов на основні вузли, з яких остаточно збирають кузов, з урахуванням наступних умов: складання кузова з мінімальної кількості великих вузлів; можливість застосування точкового зварювання для захвату в пристосуванні; можливість застосування механізованих способів точкового зварювання; можливість остаточного зварювання кузова у вільному стані без порушення його геометрії

[96]. Наприклад, остаточно кузов легкового автомобіля без навісних деталей ГАЗ–20 збирався з 11 вузлів, кузов ГАЗ–21 − з 7 великих вузлів, а кузов автомобіля ГАЗ–24 всього з 6 вузлів (рис. 7.21). Кузов автомобіля ВАЗ–2101 також складався з 6 великих вузлів.

При комплектуванні окремих вузлів важливо забезпечити утворення жорстких прорізів кузова у вузлах. Прикладом цього може бути застосування суцільноштампованих боковин в кузовах різних за класом і розміром моделей автомобілів.

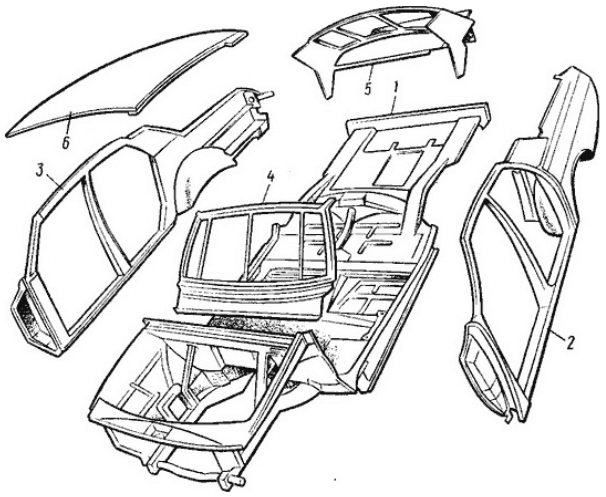


Рисунок 7.21 − Основні вузли кузова легкового автомобіля ГАЗ–24:
1 – підстава кузова (підлога);
2, 3 – права і ліва боковини; 4 вузол переднього вікна; 5 – вузол заднього вікна; 6 – дах

Необхідно прагнути до більш широкого застосування найбільш продуктивних способів точкового, шовно-точкового і рельєфного зварювання, що викликають мінімальне викривлення. Кращу якість можна отримати, якщо вдається зварити вузли звичайними нахлесточними або фланцевими сполуками. Деталі кузова виготовляють із сталей різної товщини. Якщо відношення товщини перевищує допустимі межі для одного режиму, то в умовах поточного виробництва застосовують різні машини або машини, що працюють на двох або трьох режимах.

У конструкціях кузовів зустрічаються закриті січення, де точкове зварювання можливе тільки з непрямим струмопідведенням. Це місця з'єднання елементів кузова з підлогою і деякими сполуками по отвору провітрювального вікна і отвору дверей, які можна здійснювати і на звичайних підвісних точкових машинах, розпірними пістолетами або на багатоелектродних машинах.

Застосування однополюсних зварювальних пістолетів навіть при невеликому випуску виробів недоцільно. Порівняно невеликі зусилля стиснення, які може створити зварювальник, призводять до нестійкої якості зварювання і швидкої втоми робітника. Найбільш незручне точкове зварювання в нижній частині кузова, для виконання якої найчастіше застосовують багатоелектродні машини. Таку операцію можна виконувати кліщами з пневмоприводом, змонтувавши їх на стаціонарному підвісному візку.

У деяких конструкціях кузовів і кабін автомобілів стічний жолобок є окремою деталь. Його зварювання з дахом в більшості випадків виконують при складанні та загальній зварюванні кузова. У деяких конструкціях жолобок приварюють до фланців даху і підсилювачів отвору вікна. Оскільки в місці зварювання утворюється три товщини металу, це з'єднання отримують в два етапи: шовно–точковим зварюванням з'єднують тільки кришку з деталями отвору, а жолобок приварюють точковим зварюванням до відбортування даху. Жолобок не є силовим вузлом і його виготовляють з низьковуглецевої сталі

товщиною 0,5–0,6 мм. Для сполучення даху з жолобком можлива лише точкове зварювання.

Деякі кузова не мають окремого стічного жолобка. Його роль виконують деталі, що утворюють дверний отвір. У цьому випадку деталі виготовляють з металу товщиною 0,8 – 0,9 мм, так як деталь несе великі силові навантаження. При такій конструкції вузла відсутня джерело інтенсивної корозії в місцях сполучення жолобка з дахом. Іноді це місце додатково захищають від корозії шляхом нанесення пластмаси. Операція виконується після фосфатування і грунтовки кузова.

Кромка даху більшості сучасних автомобілів відфланцована назовні. Це створює сприятливі умови для зварювання жолобка з дахом. Залежно від конструкції боковини і загальної технології це з'єднання виконують при виготовленні даху або частіше при загальній зварюванні кузова шовно–точковим зварюванням на підвісних шовних машинах (замість точкових). Такий спосіб дозволяє автоматизувати процес зварювання, збільшити продуктивність, в результаті чого не витрачається час на стиск і зворотний хід електродів після зварювання кожної точки. Зварювання та пересування електродів відбуваються при постійному зусиллі стиснення на електродах. Ролики машини щільно притискають метал протягом всього процесу зварювання. Деформація листів зменшується. Крок між точками витримується постійним, точки розташовуються на одній лінії. Все це дозволяє значно поліпшити декоративний вигляд з'єднання і навіть зварювати лицьові поверхні без спеціальної обробки. При шовно–точковому зварюванні крок між точками різний. Якщо кузов після зварювання грунтується зануренням, а ще краще з застосуванням електроосадження грунту (електрофорез), то цілком достатній крок 15 мм.

На підвісних точкових машинах при їх ручному управлінні не вдається забезпечити рівномірного кроку між точками і нормального розташування електродів до поверхні деталей, тому зовнішній вигляд з'єднання погіршується, що неприпустимо для лицьових поверхонь, особливо легкових автомобілів. Кращі результати можна отримати, якщо для пересування кліщів використовувати роботи. Крок між точками становить 15–25 мм. Для шовно–точкового зварювання застосовують спеціальні кліщі, що живляться від звичайних підвісних точкових машин.

Складання та зварювання кузова здійснюють в складних пристроях, які називаються на автомобільних заводах *головними кондукторами*. Від конструкції пристосування залежить точність розмірів кузова і продуктивність виробництва. Для забезпечення більш високої точності вузла доцільне складання в одному кондукторі.

Залежно від умов виробництва застосовують стаціонарні або пересувні пристрої. Більш висока точність кузова досягається в стаціонарних пристроях, конструкція яких може бути виконана більш жорсткою. У такі пристрої можна вмонтувати машини для точкового зварювання розпірні пістолетами, а при значному обсязі зварювання багатоелектродні машини. Це особливо важливо при складанні і зварюванні кузовів несучої конструкції, бо у нижній його

частині зосереджений великий обсяг зварювальних робіт. При такій технології на остаточне зварювання у вільному стані залишається менший обсяг, і кузов виходить більш стабільним на геометричні розміри. У цілях забезпечення більш високої продуктивності головні кондуктора виготовляють з однією або двома виносними завантажувальними позиціями.

На деяких підприємствах кузова збирають без жорстких кондукторів на спеціальному крокovому конвеєрі зі значно меншою кількістю фіксаторів, притисків і затискачів. Це дозволяє розподілити фронт робіт і збільшити продуктивність праці, однак точність розмірів кузова при такій технології погіршується. На кондукторі зазвичай працює бригада з чотирьох–шести осіб, які збирають і зварюють кузов в пристосуванні в декількох сотнях точок з продуктивністю до 20 кузовів на годину.

Загальна організація лінії складання і зварювання залежить від масштабів виробництва і конструкції кузова, обраної технології, конструкції складально–зварювальних пристосувань і устаткування, яке застосовується.

При дрібносерійному виробництві кузова збирають і зварюють в стаціонарних пристроях. Остаточне збирання здійснюють у вільному положенні також на стаціонарних робочих місцях.

У масовому виробництві для розширення фронту робіт збільшують число робочих місць.

Наприклад, складання та зварювання легкового автомобіля ГАЗ–24 виконувалось на шести стаціонарних зварювальних кондукторів. На збирання надходили шість великих попередньо зібраних вузлів. Головний кондуктор (рис. 7.22) мав великі розміри і більш складну конструкцію. Він відрізнявся від звичайних прийнятих конструкцій тим, що був забезпечений візком 1, на якому кріпились вузли фіксації 2 підстави кузова 3. Це дозволяло розширити фронт робіт, поліпшити умови закладки окремих вузлів в кондуктор тощо.

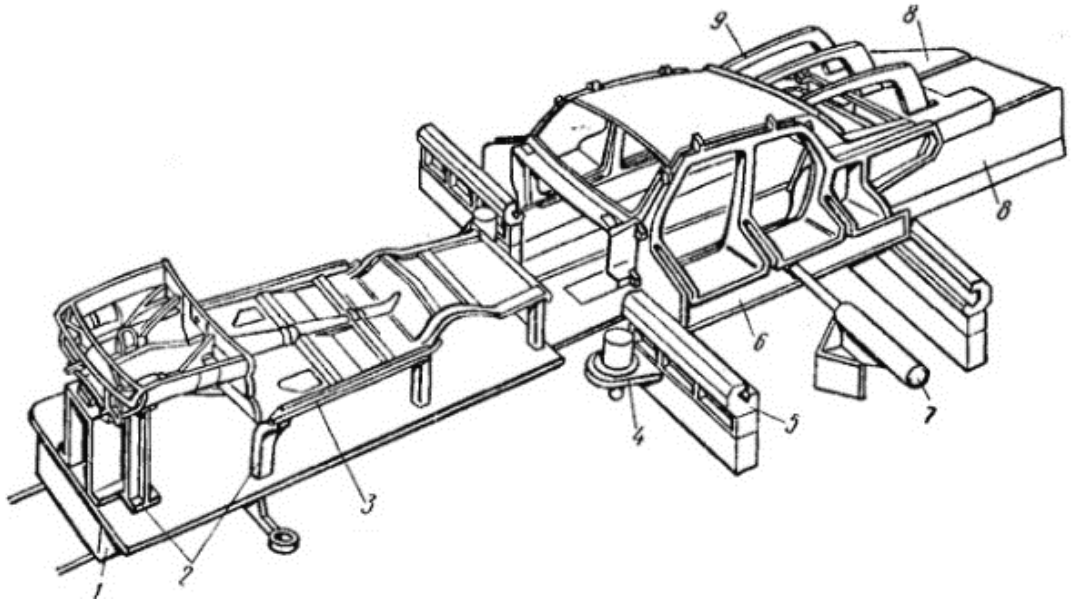


Рисунок 7.22 − Схема головного кондуктора для складання і зварювання кузова автомобіля ГАЗ–24

На ВАЗі використовувався головний складальний кондуктор прохідного типу з човниковим завантаженням. Для збільшення продуктивності в пристосування була вбудована багатоелектродна машина. Так система штовхаючих конвеєрів 6 (рис. 7.23) подавала підвіску з комплектом вузлів кузова до пересуваючого візка 1 пристосування на позиції завантаження. Підготовлені до складання вузли вручну пересувались з підвіски на візок і фіксувались притисками. Ланцюговим приводом візки пересувались на позицію для зварювання. Тут вузли остаточно затискались затискними пристроями і зварювались точковим зварюванням на багатоелектродній машині в 96 точках. Решта 182 точки зварювались на підвісних машинах, зручно розміщених близько головного кондуктора. Бригада з шести збирачів і зварників працюючи на головному кондукторі ВАЗу збирала і зварювала до 100 кузовів в зміну.

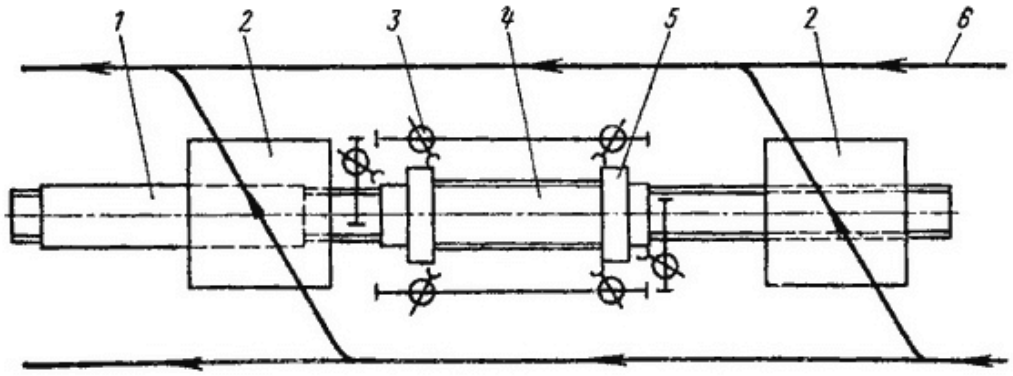


Рисунок 7.23 − Схема головного кондуктора для складання і зварювання кузова легкового автомобіля ВАЗ–2101: 1 – кондукторний візок на позиції завантаження–розвантаження; 2 – опускна секція підвісного штовхаючого конвеєра; 3 – підвісні зварювальні машини; 4 – кондукторний візок на позиції «зварювання»;
5 – складальний кондуктор з багатоелектродною зварювальною машиною;
6 – підвісний штовхаючий конвеєр

При високому темпі виробництва доцільна автоматизація складання і зварювання кузова. Лінія, яка була побудована для виробництва кузовів автомобілів «Фольксваген–1200» (рис. 7.24,а), мала 16 позицій, на яких багатоелектродні машини зварювали кузов, після чого він просувався на лінії для подальшого складання. На наступній позиції (рис. 7.24,б) дах, що подавався на складання підвісним конвеєром, захоплювався спеціальним пристосуванням і укладався на поворотний пристрій, з якого знімався спеціальними захватами, розташованими на консолі. Потім пристосування поверталось на 180° і дах попередньо встановлювався на кузов. На наступних семи позиціях кузов зварювався на багатоелектродних машинах і після виконання контрольних операцій в кінці лінії переносився для подальшого складання з навісними деталями на паралельну лінію. Для цієї лінії характерним був поперечний рух кузовів, що значно зменшував її протяжність.

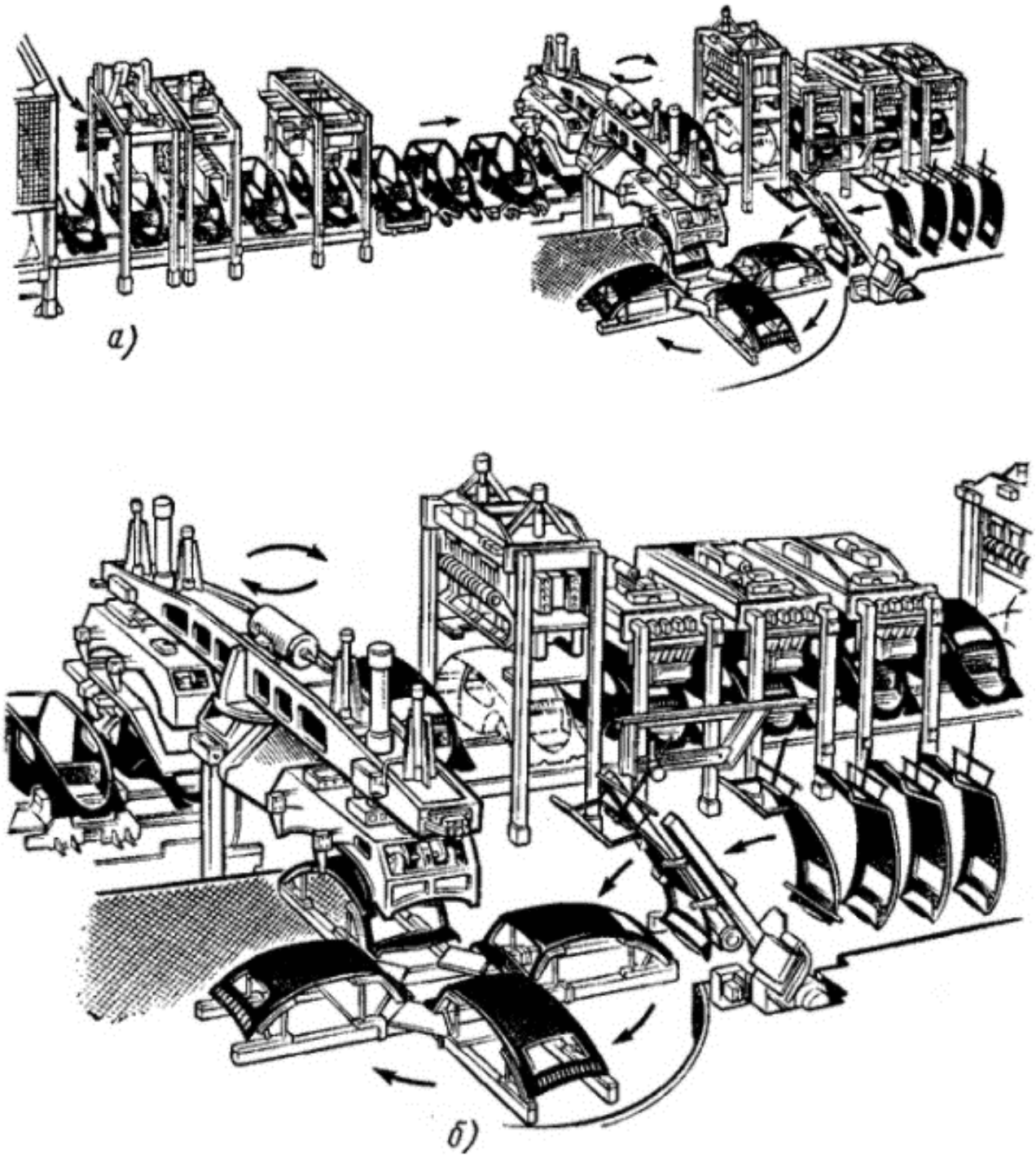


Рисунок 7.24 − Автоматична лінія складання і зварювання кузовів легкового автомобіля «Volkswagen–1200»

На рис. 2.25 – рис. 2.28 представлено окремі елементи та операції, що використовуються при складанні автомобілів на сучасних автоматичних лініях складання. У сучасних автоматичних лініях широко використовують різноманітні засоби автоматизації, роботи-маніпулятори, підвісні конвеєри тощо. З їх допомогою виконують в автоматизованому режимі безліч операцій пов’язаних із складанням, зварюванням, фарбуванням, загвинчуванням, контролем тощо.

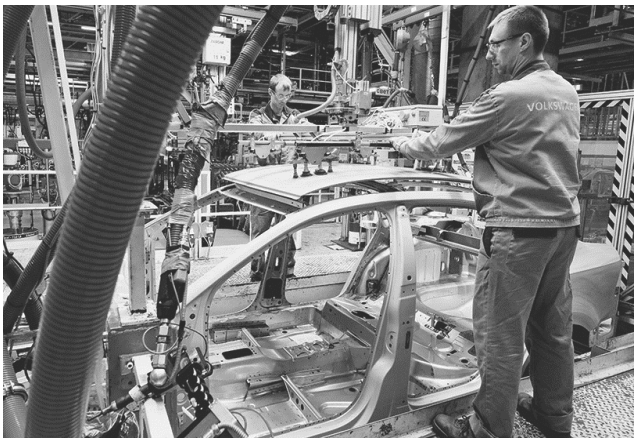


Рисунок 7.25 – Установка панелі даху перед відправленням кузова в бокс для зварювання



Рисунок 7.26 − Контроль якості звареної платформи

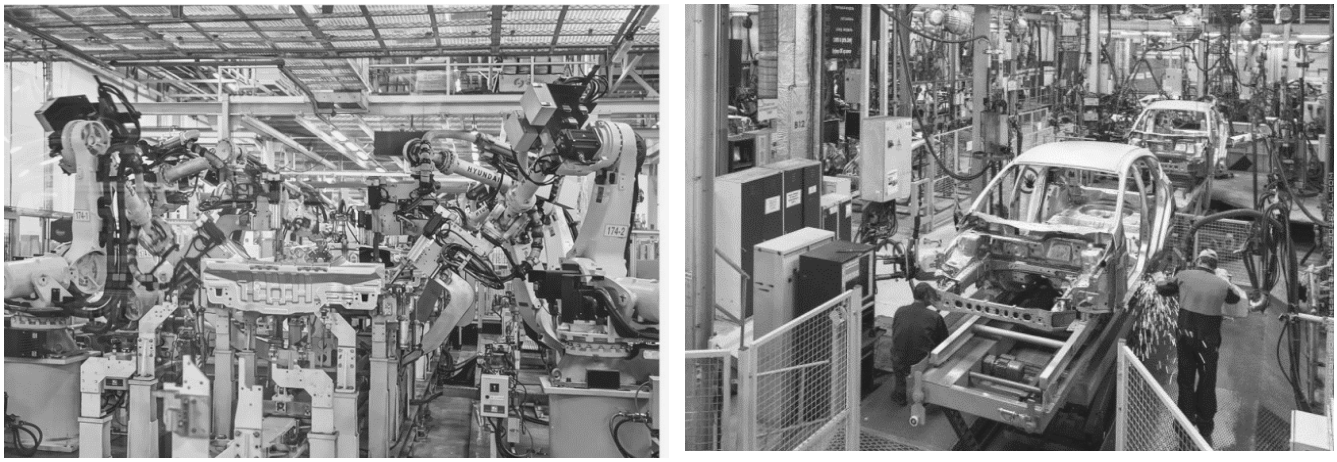


Рисунок 7.27 – Збирання та зварювання каркасу кузова

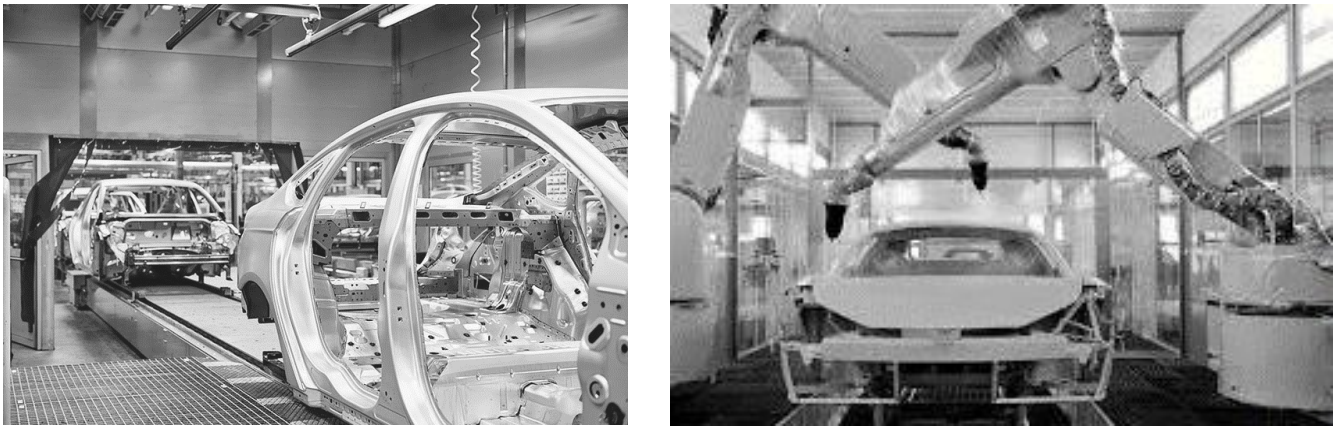


Рисунок 7.28 – Грунтування та фарбування кузова авомобіля

7.6. Складання та зварювання кузовів автобусів, електробусів, тролейбусів і трамваїв

Складання автобусів електробусів, тролейбусів і трамваїв (надалі автобуси) розпочинають із створення металевого каркасу, який становить остову автобуса. Виготовлення каркасу проводять вручну на спеціальному оснащеинні. Його формування виконують з металевих заготовок (прямокутних труб). Для виконання операцій складання цієї техніки одночасно задіюють кілька постів, які паралельно формують дах, боковини, днище, а далі у спеціальному кондукторі все ці елементи поєднують у суцільну конструкцію майбутнього автобуса (рис. 7.29). Такі каркаси мають вагу близько 3–3,5 т [91].

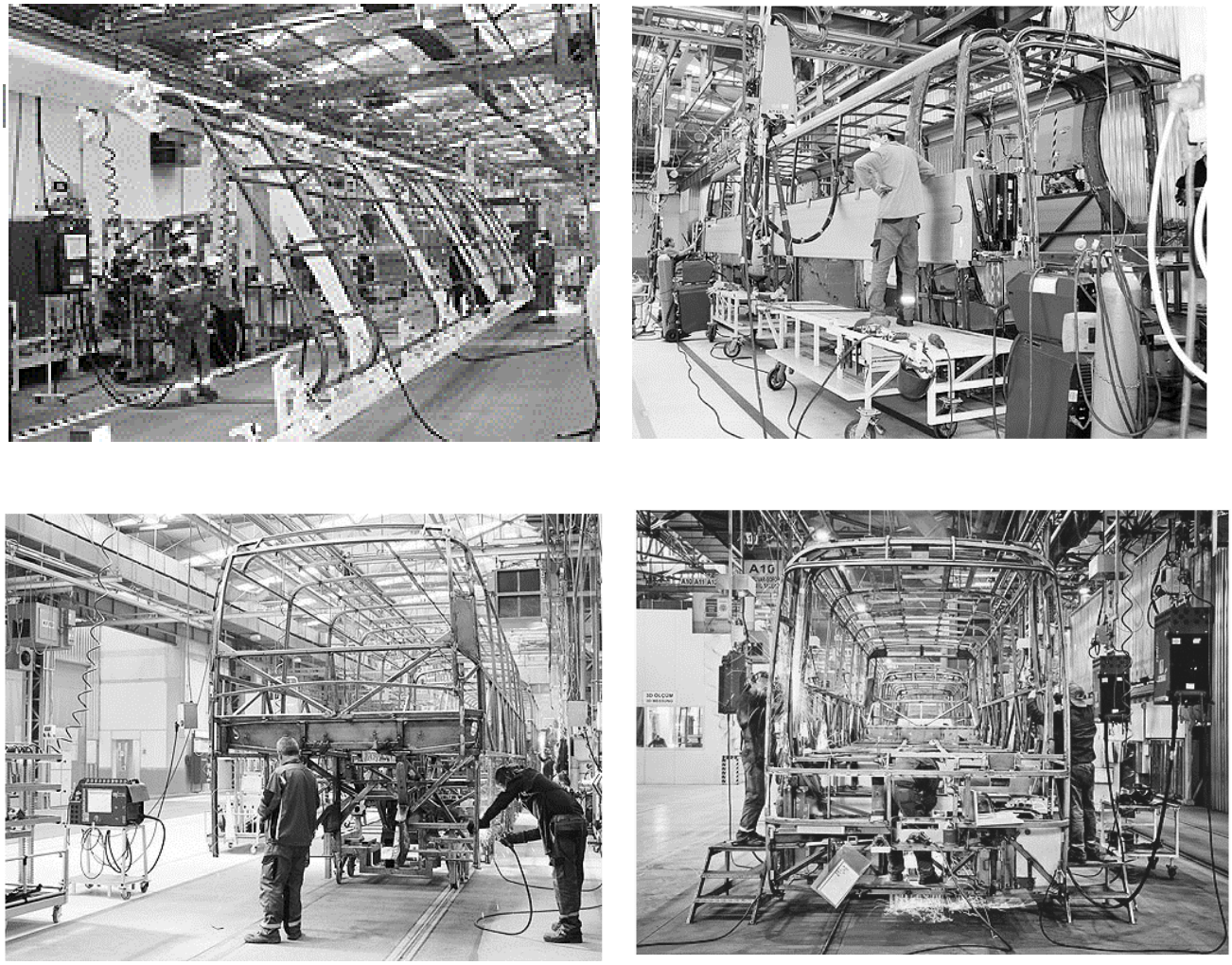


Рисунок 7.29 – Виконання операцій технологічного процесу складання та зварювання каркасу автобуса

При складанні автобусів за сучасними технологіями на дільницях складання розташовують 3D–лабораторії, куди для контролю геометрії направляють каркаси з конвеєра для проведення контрольних операцій (рис. 7.30). За допомогою лазерного обладнання з точністю до 0,001 мм контролюють каркас в 700 точках. При використанні «фольксвагенівської»

системи контролю допустимим вважають відхилення в 0,05%, що на кузові довжиною в 12 м становить всього 6 мм, а перевищення цих показників вважається браком.

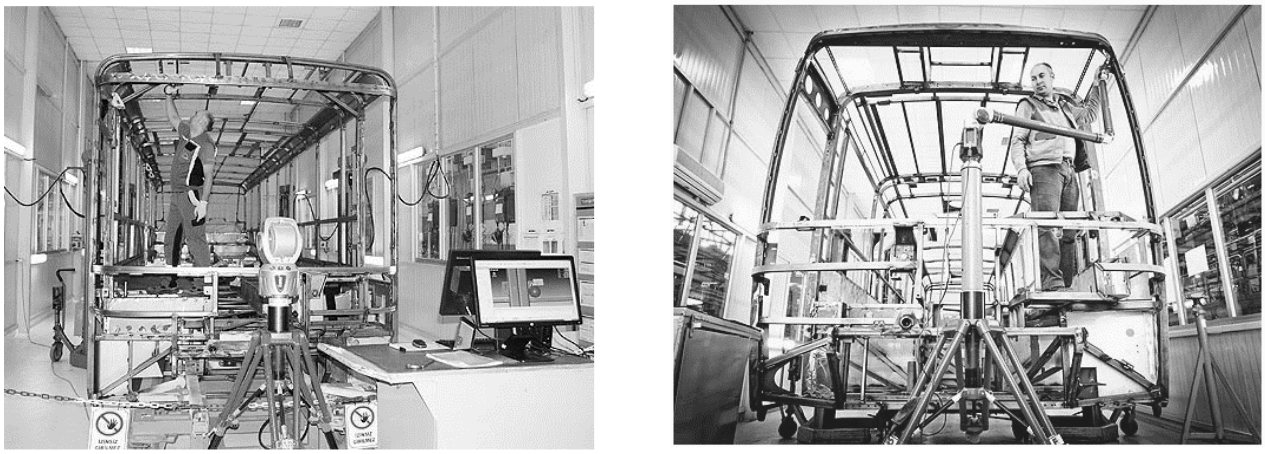


Рисунок 7.30 − 3D–лабораторія для контролю геометрії каркаса

На ділянці каркасів використовуються різні зони, після проходження яких на готові каркаси кріплять боковини і їх відправляють на операцію оцинкування (рис. 7.31).

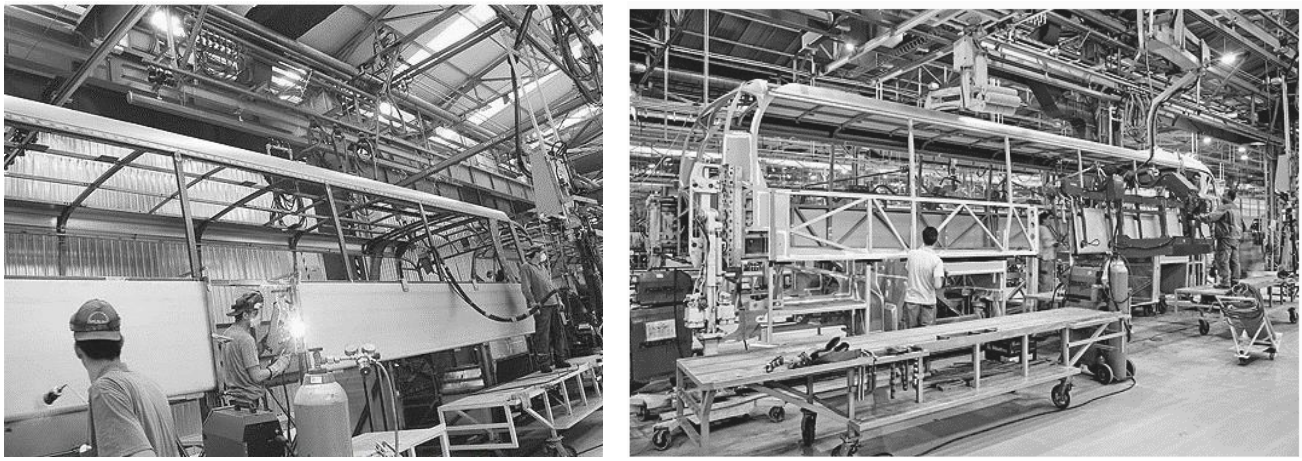


Рисунок 7.31 – Процес кріплення боковин на каркас

Антикорозійна обробка каркаса (рис. 7.32) проводиться шляхом його послідовного занурювання в гальванічні ванни. На заводах використовуються ванни різного розміру. Є такі, у які вміщається навіть двоповерховий Neoplan.

Після антикорозійної обробки каркаси сушать протягом години при температурі близько 230ºС, а далі направляють на дільницю підготовки до фарбування. На цій дільниці їх обробляють герметиками і направляють у фарбувальні камери. В загальному на фарбування одного кузова йде від 2 до 4 годин, залежно від величини кузова та складу емалі.

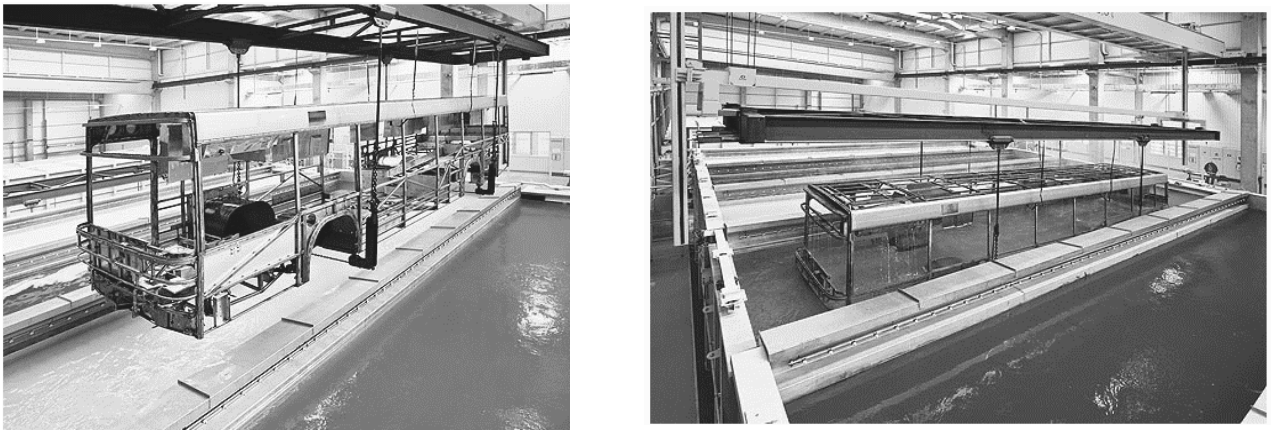


Рисунок 7.32 – Антикорозійна обробка каркаса

Після фарбування кузова направляють у цех остаточного складання, де на конвеєрних лініях їх доукомплектовують (рис. 7.33). Складання ведуть вручну з використанням значної кількості механізованого спецінструменту, роботів–маніпуляторів тощо (наприклад, вітрове скло вклеюють за допомогою роботів–маніпуляторів, а робітники лише контролюють цей процес).

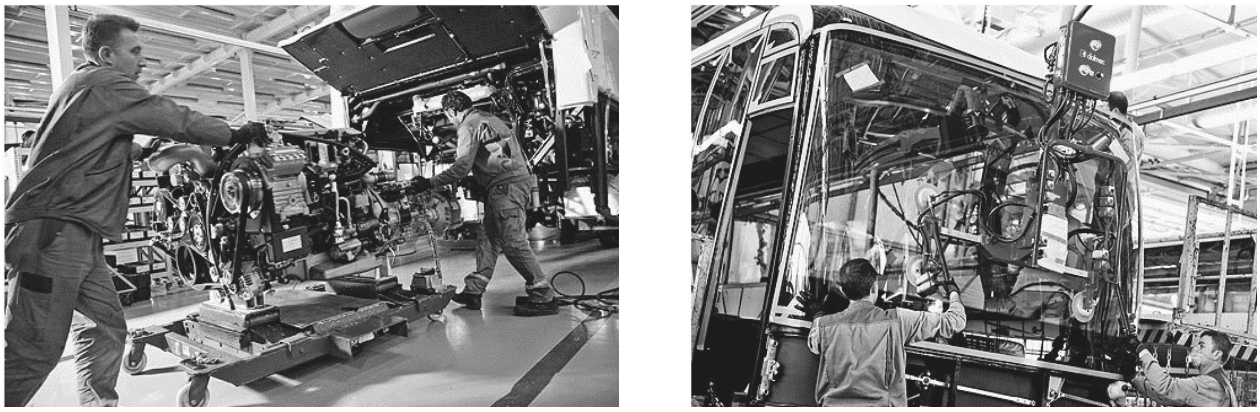


Рисунок 7.33 − Процес остаточного складання

Наприкінці складання виконують контрольні операції (рис.7.34).

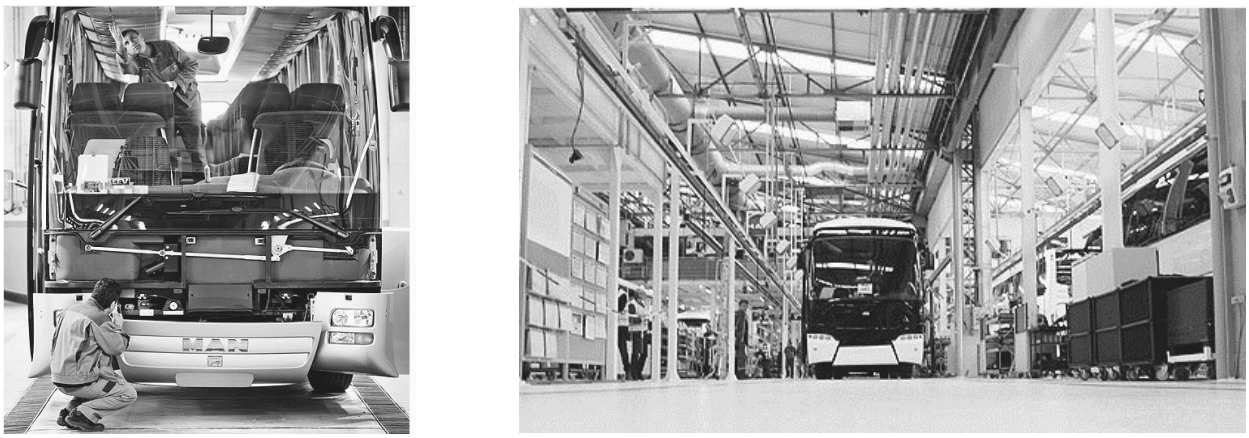


Рисунок 7.34 – Фінішний контроль після остаточного складання складання

7.7. Складання і зварювання причепів

При виготовленні авто–мобільних причепів на заводах широко використовують сучас–ні технології, такі, як різання плазмою, лазером, а також використовують традиційні технології – різання ножицями, гнуття, свердління, термо–обробку тощо (рис. 7.35). При виконанні операцій широко використовують металоріза–льне обладнання з ЧПК [103].



Рисунок7.35 – Цех по виготовленні причепів

При конструюванні рам причепів і напівпричепів враховують складні умови експлуатації техніки і та характеру перевезень. Тому при їх виготовленні використовують вітчизняні та європейські сталі підвищеної міцності з врахуванням балансу їх ваги та міцності. Для отримання необхідної якості зварних з'єднань зварювання рам причепів і напівпричепів ведеться з використанням зварювальної суміші на основі аргону. При зварювальні рам причепів і напівпричепів під особливим контролем проходить виготовлення лонжеронів. Їх збирають в спеціальних пристроях із застосуванням автоматичного зварювання (рис. 7.36).



Рисунок 7.36 – Процес виготовлення лонжеронів

Перед фарбуванням всі деталі рами причепа та його інші металеві конструкції проходять обов'язкову підготовку поверхні – струменеву обробку, результатом якої є знежирення поверхні, видалення іржі та окалини, поліпшення зчеплення металевої поверхні з покриттям (рис. 7.37).

Фарбування причепів і напівпричепів у сучасних умовах проводиться апаратами безповітряного розпилення у спеціальних боксах (рис. 7.38). Для фарбування використовують лакофарбові матеріали спеціально розроблені для автотранспорту – поліуретанові емалі, епоксидні і цинковмісні грунти тощо. Окремі деталі та елементи конструкції причепів і напівпричепів з метою підвищення працездатності та довговічності проходять оцинкування.

Відділ якості при виготовленні причепів і напівпричепів контролює всі етапи технологічного процесу і результати контролю фіксує документально з метою відстеження історії створення кожного транспортного засобу. Контроль проводять за допомогою сучасних інструментів і при перевірці якості особливо відповідальних зварних з'єднань використовують ультразвукові дефектоскопи; при контролі товщини лакофарбового покриття – електронні товщиноміри і еталони; при контролі болтових з'єднань – динамометричні ключі, а для ходової частини – лазерні лінійки; при перевірці гальмівної системи – спеціальні програми та випробувальні стенди.

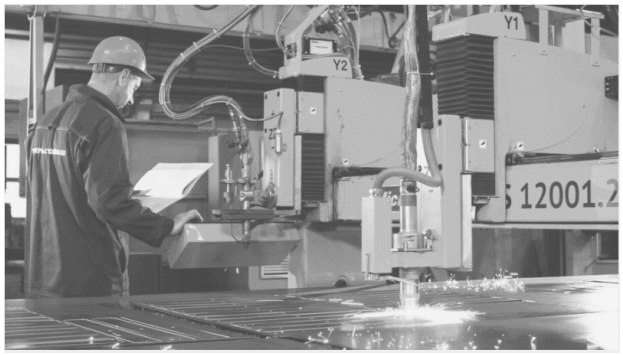


Рисунок 7.37 – Процес струменевої обробки поверхонь металевих конструкцій



Рисунок 7.38 – Процес нанесення захисних покриттів

Контрольні запитання до розділу

1. Розкрийте суть зварювання?
2. Охарактеризуйте основні види зварювання.
3. Які види зварювання належать до термічного класу?
4. Які види зварювання належать до термомеханічного класу?
5. Які види зварювання належать до механічного класу?
6. Як поділяється зварювання за ступенем механізації?
7. Що собою являє електродугове зварювання?
8. Які електроди застосовують при зварюванні електродугою?
9. Що собою являє процес наплавлення під шаром флюсу?
10. Що собою являє електрошлакове зварювання?
11. Що собою являє електронно–променеве зварювання?
12. Що собою являє вібродугове наплавлення?
13. Як відбувається зварювання в середовищі захисних газів?
14. Що собою являє газове зварювання?
15. Що собою являє контактне зварювання?
16. Які є способи контактного зварювання?
17. Що собою являє стикове контактне зварювання?
18. Що собою являє точкове контактне зварювання?
19. Що собою являє шовне контактне з´єднання?
20. Які технічні вимоги ставляться до якості зварних з’єднань?
21. Охарактеризуйте потокові лінії зварювання автотранспорту.
22. Які основні етапи технологічного процесу складання та зварювання причепів?
23. Які основні етапи технологічного процесу складання та зварювання кузовів автобусів?
24. Як проводиться контроль якості зварних з’єднань?
25. Які існують технічні вимоги до якості зварних з’єднань?

РОЗДІЛ 8

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТА СКЛАДАННЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

8.1. Основні вимоги до технологічних процесів механічної обробки

Основні вимоги до технологічного процесу механічної обробки полягають у тому, щоб процес обробки протікав у раціональній організаційній формі, з повним використанням усіх технічних можливостей верстата, інструмента і пристосувань при оптимальних режимах різання металу, що допускаються на даному верстаті, найменшій витраті часу і найменшій собівартості обробки. Використання верстатів повинно бути найбільш повним за часом, продуктивністю та потужністю.

Для кращого використання верстатів за часом необхідно прагнути до того, щоб верстат працював по можливості безупинно, без зупинок для допоміжних дій, без простоїв за якимись причинами і при найбільш вигідних режимах різання (швидкості різання, подачі та глибини різання).

Для повного використання продуктивності верстата необхідно, з одного боку, вибирати верстат, знаючи продуктивність, що відповідає розміру виробничої програми, та, з іншого боку, необхідно вчасно забезпечувати його достатньою кількістю заготовок.

Для повного використання потужності верстата необхідно вибирати верстат відповідно до габаритних розмірів оброблюваної деталі і працювати з такими режимами різання, щоб потужність на різці, затрачувана для зняття стружки, з врахуванням ККД верстата, максимально наближалася до потужності встановленого на верстаті електродвигуна. Особливо необхідно домагатися повного використання потужності верстата, виходячи з якої і розраховується його конструкція при обдирочних роботах. При чистовій, оздоблювальній обробці цю вимогу не завжди вдається виконати, тому що вибір елементів режиму різання знаходиться в залежності від необхідного ступеня точності і класу шорсткості оброблюваної поверхні.

Для досягнення найбільш повного використання устаткування і найбільшої продуктивності праці необхідно крім використання всіх технічних можливостей верстата, інструмента і пристосувань, зосередити особливу увагу на раціональній організації робочого місця, що повинно забезпечити безперервність роботи верстата, тобто, повинні бути усунуті всякого роду затримки і втрати часу через зайві рухи і ходіння, через несвоєчасну подачу матеріалу, інструмента, пристосувань, несвоєчасного ремонту, невдалого планування робочого місця та ін.

Раціональна організація робочого місця передбачає належну попередню підготовку роботи і робочого місця, своєчасне і чітке обслуговування його в процесі роботи і найбільш раціональне планування його (тобто взаємне

розташування робітника, верстата, інструментів, пристосувань, заготовок, готових деталей).

8.2. Вихідні дані для проектування технологічних процесів

Основні вимоги, пропоновані до технологічного процесу механічної обробки, полягають у тім, щоб процес обробки протікав у раціональній організаційній формі, з повним використанням усіх технічних можливостей верстата, інструмента і пристосувань при оптимальних режимах різання металу, що допускаються на даному верстаті, найменшій витраті часу і найменшій собівартості обробки.

Основою для проектування технологічних процесів механічної (або інших способів) обробки є подетальна виробнича програма, складена на підставі загальної виробничої програми заводу, робочі креслення машин і технічні умови на їхнє виготовлення.

Креслення повинні включати: робочі креслення деталей, що виробляються; складальні креслення вузлів і окремих механізмів (агрегатів); креслення загальних видів машин.

До креслень додаються: специфікації деталей з кожної машини; опис конструкцій, і, якщо можливо, рисунки (фотографії) машин.

На робочих кресленнях, необхідних для проектування технологічних процесів обробки деталей на металорізальних верстатах, повинно бути зазначено:

а) вид заготовки;

б) матеріал і його марка;

в) оброблювані поверхні;

г) позначення класу шорсткості поверхні після обробки;

д) допуски на неточність обробки;

е) вид термічної обробки.

На кресленнях складальних і загальних видів повинні бути зазначені:

а) конструктивні зазори;

б) допуски на розміри, що визначають взаємне розташування деталей;

в) особливі вимоги, що стосуються складання з’єднань або монтажу всієї машини.

У специфікаціях деталей по кожному виробі повинні бути зазначені:

а) найменування деталей (включаючи покупні);

б) вага (маса) – чиста і чорнова;

в) вид матеріалу і його марка, хімічний склад і механічні властивості;

г) вид заготовки;

д) кількість деталей на один виріб;

е) для нормалізованих деталей – номер ДСТ (ГОСТу) або нормалі.

Опис конструкції виробів повинний дати правильне і повне представлення про їхню роботу, призначення і функції окремих частин і їхній взаємодії.

Технічні умови на виготовлення і здачу виробів визначають вимоги, пропоновані до виробу (машини) в цілому і до його деталей; у залежності від цього вибирається метод їхньої обробки.

Проектування технологічного процесу механічної обробки деталей включає рішення наступних основних питань:

1) встановлення виду (типу) виробництва й організаційної форми виконання технологічного процесу;

2) визначення величини партії деталей, що запускаються у виробництво одночасно, – для серійного виробництва, та визначення величини такту випуску деталей – для потокового виробництва;

3) вибір виду заготовок і визначення їх розмірів;

4) встановлення плану і методів механічної обробки поверхонь деталей із встановленням послідовності технологічних операцій;

5) вибір типів і визначення технічних характеристик верстатного устаткування, різальних пристосувань і вимірювального інструмента, а також визначення їхньої кількості, необхідної для проведення визначеної обробки;

6) визначення розмірів оброблюваних поверхонь деталей;

7) визначення режимів роботи на обраних верстатах з кожної операції;

8) визначення норми часу на обробку з кожної операції;

9) визначення кваліфікації роботи;

10) оцінка техніко-економічної ефективності спроектованого технологічного процесу;

11) оформлення документації технологічного процесу. Для серійного і масового виробництв технологічні процеси виготовлення окремих деталей розробляються докладно, з висвітленням усіх зазначених факторів і складанням технологічних карт, у яких фіксуються всі необхідні відомості по перерахованих вище питаннях.

В одиничному виробництві технологічні процеси так докладно не розробляються. Тут складається тільки схематичний план процесу обробки – маршрут операцій із вказуванням послідовності операцій, устаткування, пристосувань та інструмента (різального і вимірювального) і наближеного сумарного часу, потрібного на обробку. Усі ці дані фіксуються в визначений формах.

8.3. Організаційні форми виконання технологічних процесів

Вид виробництва. Вид (тип) виробництва і відповідна йому форма організації роботи визначають характер технологічного процесу і його побудови. Тому, перш ніж приступити до проектування технологічного процесу механічної обробки деталей, необхідно, виходячи з заданої виробничої програми (з врахуванням запасних частин) і характеру підлягаючих обробці деталей, встановити вид (тип) виробництва (одиничне, серійне, масове) і відповідну йому організаційну форму виконання технологічного процесу.

Як було зазначено, для кожного з цих видів виробництва технологічний процес має свої характерні риси і кожному з них властива відповідна форма організації роботи в цеху.

Величина партії деталей. Характерною особливістю серійного виробництва є виготовлення виробів серіями (партіями), що запускаються у виробництво одночасно.

Одна з найважливіших переваг серійного виробництва перед одиничним полягає в тому, що в серійному виробництві вся партія деталей запускається у виробництво одночасно, що забезпечує повторюваність операцій, при якій вигідно широко застосовувати спеціальні пристосуванні та спеціальні різальні і вимірювальні інструменти. Крім того, витрати на підготовку і налагодження верстатів розкладаються на всю кількість деталей у даній партії.

Величина партії деталей встановлюється в залежності від асортименту номенклатури виробів, що випускаються, і річної кількості виробів кожного типу і розміру; кількості необхідного періодичного випуску виробів (від терміну замовлення); комплектності продукції, що випускається; тривалості обробки деталей і складання машини; складності, тривалості і собівартості налагодження верстатів; наявності запасу матеріалів.

При виборі величини партії деталей виникає питання, наскільки доцільно і рентабельно брати її в розмірі, що перевищує необхідність у деталях на визначений проміжок часу, тому що матеріал, затрачений на виготовлення деталей, і вкладені в них кошти тривалий час знаходяться без руху, тобто без обороту. З іншої ж сторони, відомо, що чим більша кількість деталей у партії, тим менший підготовчо–заключний час і собівартість налагодження верстатів, що приходяться на одну деталь; тому, величина партії повинна бути такою, щоб сполучення цих факторів було найбільш сприятливим, тобто щоб необхідний матеріал і засоби, затрачені на деталі, використовувалися як можна швидше і щоб витрати на налагодження, що приходяться на одну деталь, були мінімальними. Партія деталей, що задовольняє ці умови, називається оптимальною.

У літературі зустрічається кілька формул для визначення оптимальної величини партії, запропонованих різними авторами. Ці формули не враховують ряду технологічних і організаційних факторів. Через це і внаслідок ускладнень при визначенні величин параметрів, що входять у формули, а також через різні виробничі та організаційні умови при проектуванні технологічних процесів величину партії визначають з розрахунку пропускної здатності складального цеху й у такому розмірі, що забезпечує безперебійне рівномірне складання, хоча така партія може бути і не завжди оптимальною.

Пропускну здатність складального цеху при проектуванні нового підприємства встановлюють, виходячи з програмної річної кількості виробів, що підлягає рівномірному випуску на протязі року рівними серіями. Кількість деталей, що зберігаються в запасі на проміжному складі, повинна забезпечити безперебійне складання; воно залежить від виду виробництва і рівня організації роботи в цехах. Можна вважати нормальними запаси деталей на проміжних складах для серійного виробництва до 6 днів роботи, причому запас не повинен

бути однаковим для всіх деталей через розходження їхньої трудомісткості: для великих приймають 2–3 дні, для дрібних – 4–6 днів. Чим краще організована робота в цехах, тим менше може бути запас деталей на складі. Керуючись цими поняттями та виходячи з річної кількості даних деталей з виробничої програми, з врахуванням запасних комплектів, можна встановити потрібну кількість деталей на прийняте число днів запасу в межах вказаних вище даних; ця кількість і визначає величину партії.

Отже, при цьому спрощеному способі розрахунку кількість деталей у партії можна виразити відомою формулою:

$$n = \frac{Dt}{Ф}, \tag{8.1}$$

де n – кількість деталей у партії; D – кількість деталей з річної програми разом із запасними частинами; t – число днів, на яке необхідно мати запас деталей на складі; $Ф$ – число робочих днів у році.

Потокове виробництво

Характерною ознакою масового виробництва є виготовлення підприємством однотипної продукції обмеженої номенклатури у великих обсягах упродовж більш–менш тривалого часу. Великі обсяги випуску продукції й досить висока стабільність конструкції виробу роблять економічно вигідним ретельне розроблення технологічних процесів. Операції технологічних процесів диференціюються до окремих переходів, трудових прийомів та виконуються на спеціальному високоефективному устаткуванні за допомогою відповідного оснащення. Робочі місця вузько спеціалізуються через закріплення за кожним із них обмеженої кількості деталеопераций.

За таких умов найбільш ефективною формою виробництва є організація синхронізованого, досить стабільного за часом, потокового виробництва й потокових технологічних ліній.

Потокова лінія – це група робочих місць, на якій здійснюється виробничий процес обробки або складання одного чи декількох виробів. На підприємствах потокове виробництво має такі основні ознаки:

1. Весь процес виробництва поділяється на операції, які у часі рівні або кратні між собою. Досягається це синхронізацією операцій шляхом проведення ряду організаційно–технічних заходів (зміна технологій та режимів роботи, заміна обладнання та інше), які дозволяють поділити одну операцію на кілька, або навпаки, об'єднати кілька операцій в одну.

2. Обладнання і робочі місця розташовуються за ходом технологічного процесу. Таке розташування скорочує шлях руху деталей у процесі їх обробки і сприяє раціональному використанню виробничої площі потокової лінії.

3. Передача деталей з одного робочого місця на інше виконується з допомогою транспортних пристроїв. Найпоширенішими видами транспорту у потоковому виробництві є різноманітні транспортери, підвісні конвеєри та інші засоби.

4. Робочі місця спеціалізуються на виконанні певних операцій. Це дозволяє використати кадри невисокої кваліфікації, забезпечує зростання продуктивності праці, виключає великі витрати часу і коштів на підготовку робітників для роботи на потокових лініях.

Організація потокових ліній вимагає певних режимів роботи: дотримання встановленого технологічного процесу та регламентованих швидкостей його ведення; відповідне налагодження обладнання і облаштування робочих місць. Має бути встановлений порядок обслуговування потокової лінії. До дільниці потокової лінії, яка виконує першу операцію, повинні безперервно подаватися матеріали, напівфабрикати, заготовки. Огляд і ремонт обладнання потрібно проводити переважно у вільні зміни та регламентовані перерви. На робочих місцях бажано мати певний запас комплектів інструменту. Обслуговуванням потокової лінії та робочих місць повинен займатися допоміжний персонал. Необхідне дотримання дисципліни.

За кожною потоковою лінією повинно бути закріплено один чи декілька завершених технологічних процесів.

В результаті здійснення потокового виробництва досягається:

а) ефективне використання обладнання та виробничих площ (продуктивність праці зростає);

б) скорочення тривалості виробничого циклу, що дозволяє зменшити незавершене виробництво та запаси готових виробів і вузлів, і, відповідно, розміри цехових та складських майданчиків для їх зберігання;

в) зниження трудомісткості продукції та значне підвищення продуктивності праці;

г) краще використання робочого часу;

д) скорочення витрат на транспортування виробів;

е) зниження собівартості продукції і підвищення рентабельності виробництва;

є) підвищення якості продукції і зменшення браку.

Для організації потокового виробництва необхідно забезпечити:

1. Конструкторські передумови — спеціальні вимоги до дотримання однотипності конструкцій; взаємозамінності елементів конструкції; стандартизації і нормалізації вузлів та деталей виробів; поділу виробу на блоки й вузли; можливості паралельного складання.

2. Технологічні передумови – ретельне відпрацювання технологічного процесу з максимальним його поділом на окремі операції; застосування прогресивного устаткування та оснащення; механізація й автоматизація контрольних операцій, регулювання і випробування.

3. Організаційні передумови – достатній обсяг виробництва, що забезпечує повне завантаження робочих місць на потоковій лінії; відсутність простоїв; чітка спеціалізація робочих місць, правильний вибір системи їх обслуговування; визначення режиму роботи потокової лінії та її регламентованих перерв.

4. Матеріальні передумови – чітка організація безперебійного матеріально–технічного постачання; планомірне і ритмічне «живлення»

потокової лінії; забезпечення кожного робочого місця необхідним запасом комплектів оснащення.

Потокову лінію проектують у такій послідовності:

1. Вибирається тип потокової лінії.
2. Розраховується такт потокової лінії.
3. Коригується технологічний процес і синхронізуються операції.
4. Визначається кількість робочих місць.
5. Проектуються окремі робочі місця й планується потокова лінія.
6. Здійснюється розмітка розподільного конвеєра.
7. Обчислюються швидкість та довжина конвеєра.

Розрахунок параметрів однопредметних потокових ліній

При розрахунку потокового виробництва слід виділити параметри, характерні для всіх потокових ліній, і специфічні параметри окремих ліній.

Основою організації потокового виробництва є *ритмічність*, мірою якої є *такт*, тобто проміжок часу з моменту випуску з лінії одного виготовленого предмета до випуску наступного за ним предмета.

Такт випуску (потокової лінії) визначається за формулою:

$$r = \frac{F_д}{N_з}, \tag{8.2}$$

де $F_д$ – дійсний фонд часу роботи лінії за календарний період; $N_з$ – кількість деталей, що запускаються у виробництво на цей же період.

Добовий дійсний фонд часу роботи лінії визначається за формулою:

$$F_д = (T_{зм} - T_{пер}) \cdot S, \tag{8.3}$$

де $T_{зм}$ – тривалість однієї зміни, хвилин (або годин); $T_{пер}$ – час регламентованих перерв протягом зміни на відпочинок і профілактичні роботи, хвилин (або годин); S – кількість змін протягом доби.

Програму запуску визначають за формулою:

$$N_з = \frac{N_в \cdot 100}{100 - \alpha}, \tag{8.4}$$

де $N_в$ – програма випуску; α – технологічні втрати, що зумовлені виготовленням пробних деталей при наладці обладнання, розходом деталей при контрольних операціях та технологічно неминучим невиправним браком, %.

З врахуванням регламентованих перерв і технологічних втрат такт лінії визначається за формулою:

$$r = \frac{(T_{зм} - T_{пер}) \cdot S \cdot (100 - \alpha)}{N_в \cdot 100}. \tag{8.5}$$

Процес узгодження тривалості операцій із тактом потокової лінії називається *синхронізацією операцій*. Умова синхронізації визначається за формулою:

$$\frac{t_1}{c_1} = \frac{t_2}{c_2} = \cdots = \frac{t_n}{c_n} = r = const\ , \tag{8.6}$$

де t_i – норма часу на виконання і–ї операції; c_i – кількість робочих місць на кожній операції.

Синхронізацію здійснюють у 2 етапи:

– *наближена синхронізація* (під час проектування лінії), коли можливе відхилення часу операцій від рівності або кратності такту у межах 5 ... 10%;

– *повна (кінцева*) *синхронізація* (у процесі налагодження лінії).

Кількість робочих місць (число обладнання) для кожної операції визначається за формулою:

$$C_{pi} = \frac{t_i}{r}. \tag{8.7}$$

При повній синхронізації потоку величина C_i завжди ціле число, завантаження робочих місць повне і однакове на всіх операціях. При неповній синхронізації кількість робочих місць економічно доцільно округлювати до меншого за C_{pi} числа C_{npi}, допускаючи перевантаження обладнання. Допустиме перевантаження може бути не більше 6–10%. При більших значеннях перевантаження розрахована кількість робочих місць C_{pi} округлюється в сторону більшого цілого числа.

Коефіцієнт завантаження робочих місць (в %) на кожній операції визначається за формулою:

$$K_{зі} = \frac{C_{pi}}{C_{npi}} \cdot 100\ . \tag{8.8}$$

Середній коефіцієнт завантаження робочих місць (в %) на потоковій лінії визначається за формулою:

$$\overline{K}_{зі} = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_{pi}}{\sum_{i=1}^{n} C_{npi}} \cdot 100\ , \tag{8.9}$$

де n – кількість виробничих операцій на лінії.

Ці коефіцієнти є показниками доцільності застосування потокового виробництва. В масово–потоковому нижня межа їх становить 80–85%, в серійно–потоковому – 70–75%.

У випадку, коли передача з операції на операцію здійснюється транспортними партіями (невеликі деталі, мала величина такту), розраховується ритм потокової лінії:

$$R = r \cdot p\ , \tag{8.10}$$

де p – величина транспортної (передаточної) партії деталей.

Особливості розрахунку параметрів багатопредметних потокових ліній

Підприємства серійного виробництва (наприклад, машинобудівні) мають досить велику номенклатуру виробів. Тому завжди існує декілька видів продукції, схожих за конструкцією та технологією. Це дає змогу організувати на одній потоковій лінії послідовне виготовлення цих виробів.

При потоково-серійному виробництві для досягнення достатнього завантаження верстатів до кожної перемінно–потокової лінії прикріплюються для обробки кілька деталей різних найменувань, подібних за розмірами і конфігурацією, для яких переналагодження верстатів нескладні і не вимагають багато часу або для яких зовсім не потрібно переналагодження. Обробка таких деталей на лінії виробляється поперемінно партіями деталей одного найменування. Таким чином, на потоковій лінії обробляються протягом року деталі різних найменувань у різній або однаковій кількості.

При потоково-масовому і потоково–серійному (перемінно–потоковому) виробництві повинна бути досягнута синхронізація операцій, тобто приведення операційного часу у відповідність із прийнятою величиною такту, що необхідно для створення безперервного потоку. Для цього весь процес обробки розчленовується на окремі операції, по можливості однакові (але не більш величини такту) або кратні за часом їхнього виконання (при значному перевищенні величини такту).

Необхідно мати на увазі, що можливостей досягти синхронізації технологічних операцій завжди більша, якщо оброблювані деталі технологічні і не викликають утруднень при обробці окремих поверхонь, що вимагають значної витрати часу.

Синхронізація операцій досягається різними технічними й організаційними заходами, до числа яких відносяться:

1) розподіл операцій, що вимагають витрати часу, значно більшого від величини такту, або об’єднання (укрупнення) операцій при витраті часу, значно меншої, ніж величина такту;

2) застосування оптимальних режимів різання, що дають можливість вирівняти машинний час по операціях і наблизити його до величини такту;

3) застосування спеціального, багатолезового і складального різального інструмента, що забезпечує меншу витрату часу на обробку;

4) застосування декількох інструментів для одночасної обробки декількох поверхонь деталі, що також дає значне скорочення часу на обробку;

5) максимальне скорочення допоміжного часу шляхом застосування спеціальних, пневматичних, гідравлічних, пневмо–гідравлічних і багатомісних приспосіблень, поворотних столів та ін.;

6) одночасна обробка декількох деталей, що призводить до зменшення штучного часу;

7) максимально можливе застосування автоматизації і механізації верстатів, автоматизації контролю деталей (у процесі обробки), що забезпечують значне скорочення машинного і допоміжного часу;

8) застосування спеціальних і спеціалізованих агрегатних верстатів, що також забезпечують значне скорочення машинного і допоміжного часу;

9) застосування паралельно працюючих однотипних верстатів (дублерів) для операції, час на виконання якої значно перевищує величину такту потокової лінії; верстати–дублери забезпечують приведення операційного часу у відповідність з величиною такту;

10) механізація міжверстатного транспорту шляхом створення спеціальних транспортних пристроїв, що дають можливість підтримувати такт роботи лінії;

11) включення в потік механічної обробки деталей агрегатів і устаткування інших видів обробки (для термічної обробки, зварювання, пресового устаткування і ін.), чим досягається безперервність потоку і дотримання такту роботи лінії.

При потоково–серійному (перемінно–потоковому) виробництві для досягнення синхронізації операцій крім вищесказаних заходів необхідно попередньо:

а) розбити деталі на групи по однорідності конструктивних і технологічних ознак;

б) розробити типові технологічні маршрути для груп однорідних деталей;

е) розробити типове технологічне оснащення для операцій, чим досягається зменшення числа переналагоджень.

Багатопредметні потокові лінії застосовують в цехах, де виготовляються деталі широкої номенклатури, причому кількість кожної з них порівняно невелика. Повне завантаження лінії досягається шляхом закріплення за нею кількох деталей і виконанням на кожному робочому місці кількох операцій. Перехід на випуск іншої деталі може проводитись без переналагоджування обладнання (групові лінії), та з переналагоджуванням частини обладнання або цілої лінії (перемінні лінії).

Розрахунок багатопредметних ліній має свою специфіку. Особливість розрахунку полягає у різних варіантах визначення такту:

– якщо час виконання операцій при виробництві різних видів продукції однаковий, то такт визначається наступним чином:

$$r = \frac{F_{\partial}(1-\eta)}{\sum_{i=1}^{n} N_i}, \qquad (8.11)$$

де η – відсоток або коефіцієнт втрат робочого часу на переналагодження лінії; n – кількість найменувань різних видів продукції, що обробляються на лінії; N_i – програми запуску і–го виду продукції.

– якщо операції при виготовленні різних видів продукції значно відрізняються по часу, то розрахунок лінії приводиться з так званим перемінним або частковим тактом (для кожного виду продукції свій такт).

Перемінний такт залежно від конкретних умов виробництва може визначатися за одним з наступних трьох методів:

1. Через незмінне число робочих місць на лінії:

а) визначається загальне число робочих місць на лінії за формулою:

$$c = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_i \cdot t_{\Sigma i}}{F_д \cdot (1-\eta)}, \tag{8.12}$$

де $t_{\Sigma i}$ – загальна трудомісткість (по всіх операціях) виготовлення одиниці і–го виробу ($t_{\Sigma i} = \sum t_i$).

б) визначаються часткові такти за формулою:

$$r_i = \frac{t_{\Sigma i}}{c}.$$

2. Шляхом розподілу загального дійсного фонду робочого часу пропорційно до трудомісткості програмних завдань виробів:

а) визначається фонд робочого часу для окремого виробу за формулою:

$$F_a = F_д(1-\eta) \cdot \frac{N_a \cdot t_{\Sigma a}}{\sum_{i=1}^{n} N_i \cdot t_{\Sigma i}}, \tag{8.13}$$

де F_a – фонд робочого часу виготовлення виробу А; N_a – програма запуску виробу А; $t_{\Sigma a}$ – трудомісткість одиниці виробу А;

б) визначаються часткові такти за формулою:

$$r_a = \frac{F_a}{N_a}, \tag{8.14}$$

де r_a – частковий такт виготовлення виробу А.

3. Шляхом приведення програми до умовного виробу:

а) трудомісткість найбільш типового виробу (як правило з максимальною трудомісткістю) приймають за базову $t_{\Sigma баз}$;

б) для кожного виробу визначають коефіцієнт приведення:

$$K_{npi} = \frac{t_{\Sigma i}}{t_{\Sigma баз}}; \tag{8.15}$$

в) програми випуску всіх закріплених за лінією виробів переводять в умовні одиниці:

$$N_{npi} = N_i \cdot K_{npi}; \tag{8.16}$$

г) розраховують так званий умовний такт:

$$r_y = \frac{F_д(1-\eta)}{\sum_{i=1}^{n} N_{npi}}; \tag{8.17}$$

д) визначають часткові такти для кожного виду продукції:

$$r_i = r_y \cdot K_{npi}.$$

Особливості розрахунку параметрів потокових ліній складання

Підприємства з виробництва автомобілів (вузлового складання) широко використовують потоковії (конвеєрні) лінії складання. Основними характеристиками таких ліній є:

1. Забезпечення прямолінійності процесу.
2. Забезпечення ритмічності процесу складання.
3. Ефективне використання виробничого часу.
4. Короткий період зберігання матеріальних запасів і заділів на складах і у виробництві при невеликих об'ємах.
5. Контроль буквально усіх дій.
6. Розміщення робочих місць відповідно до мінімізації транспортування.
7. Ефективне управління запасами і організація їх транспортування.
8. Гнучкість і добре пристосування до зміни умов зовнішнього середовища.

При складанні плану розташування обладнання потокових ліній складання автомобілів необхідно врахувати наступні фактори та обмеження:

1. Доступний простір. Перш за все необхідно врахувати обмеження по наявним площах, за рідкістю тих випадків, коли будується нова будівля. Простір потрібно враховувати в трьох напрямках.

2. Безпека. Для роботи і технічного обслуговування об'єкта необхідно передбачити достатнє місце для забезпечення безпеки та охорони праці.

3. Доступ. Початкові і кінцеві стадії технологічного процесу повинні бути розміщені поблизу запасу заготовок і готової продукції, а ті, в свою чергу, – поблизу границь і проїздів будівлі. Якщо в процесі приймають участь покупці, точки прийому чи обслуговування повинні знаходитися поблизу виходу.

4. Площі. Необхідно визначити площі, потрібні для роботи і обслуговування кожного верстату чи робочого місця.

5. Організація. Планіровка мусить створювати почуття єднання, при чому це важливо як для стимулювання мотивації робітників, так і для спрощення задач контролю.

6. Гнучкість. Виробництву легше відреагувати на змінну попиту чи технології, якщо в планіровку початково будуть закладені можливості для гнучкого переоснащення чи перепланіровки системи.

Ідеальним випадком планіровки розташування обладнання і робочих місць буде врахування вартісних факторів всіх визначених раніше показників з подальшою оптимізацією витрат. На практиці таке часто неможливе. В загальному спочатку появляються обмеження (розміри приміщення, розташування вхідних та вихідних потоків…). Потім мінімізують витрати від невикористаних площ і витрат часу на транспортування і передачу виробів (потоку).

Розміщення обладнання (робочих місць) починається з плану приміщень, на якому повинно відображатись всі стіни, колони, вікна, двері… Також слід враховувати товщину підлоги і перекриття, для відповідності різним типам обладнання. Потім на схемі проводять моделювання розташування обладнання (робочих місць), проїздів, транспортних засобів, складських площ та ін.

Для прикладу компоновки робочих місць розглянемо потокову лінію складання автомобілів. На конвеєрній лінії потрібно змонтувати 500 автомобілів за день. Виробничий час – 420 хвилин в день, час для виконання операцій складання та порядок їх проведення подано в таблиці. Необхідно знобити розрахунок, що мінімізує кількість робочих місць, зменшує час кругообігу та визначити теоретичний мінімум робочих місць.

Операції	*Час, сек.*	*Опис операцій*	*Операції, що повинні передувати*
A	45	Розміщення осі кронштейна і ручне скручування болтів і гайок	–//–
B	11	Встановлення задньої осі	A
C	9	Затиск задньої осі кронштейна гайками та болтами	B
D	50	Встановлення передньої осі кронштейна	–//–
E	15	Затиск цієї осі болтами і гайками	D
F	12	Встановлення заднього колеса 1	C
G	12	–//– 2 –//–	C
H	12	Встановлення переднього колеса 1	E
I	12	–//– 2	E
J	8	Встановлення рульової тяги	F, G, H, I
K	9	Скручування болтів і гайок	J

Визначається такт потокової лінії складання автомобілів:

$$r = \frac{F_д}{N_a} = \frac{420 \cdot 60}{500} = 50{,}4\,\text{с}.$$

Визначається теоретичний мінімум кількості робочих місць на потокової лінії складання автомобілів:

$$C_p = \frac{\sum t_i}{r} = \frac{195}{50{,}4} = 3{,}86\,.$$

По даних таблиці складається діаграма процесу складання автомобіля (рис. 8.1).

Далі проводиться розподіл (закріплення) операцій за окремими робочими місцями (рис. 8.2) з врахуванням наступних обмежень:

1. Тривалість операції, чи об'єднаних на одному робочому місці кількох операцій, не повинна бути більшим такту лінії, але якомога більшою.

2. Планіровка лінії (розміщення робочих місць) повинна враховувати обмеження приміщень, в яких вона проектуються розташування стін, колон, перегородок, висоти приміщення, пройомів, дверей тощо.

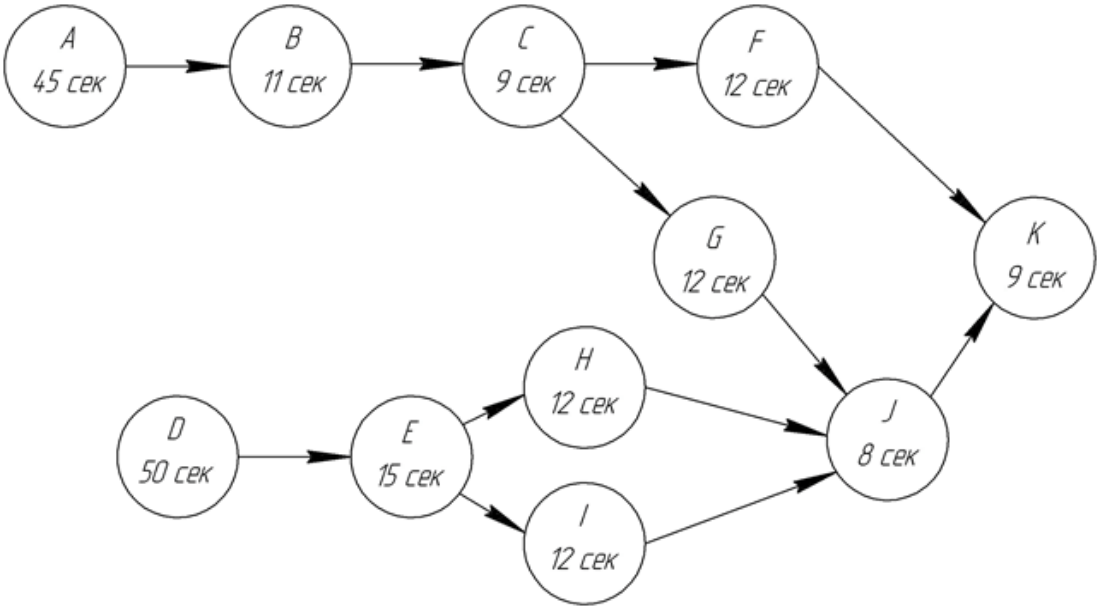


Рисунок 8.1 − Діаграма процесу складання автомобіля

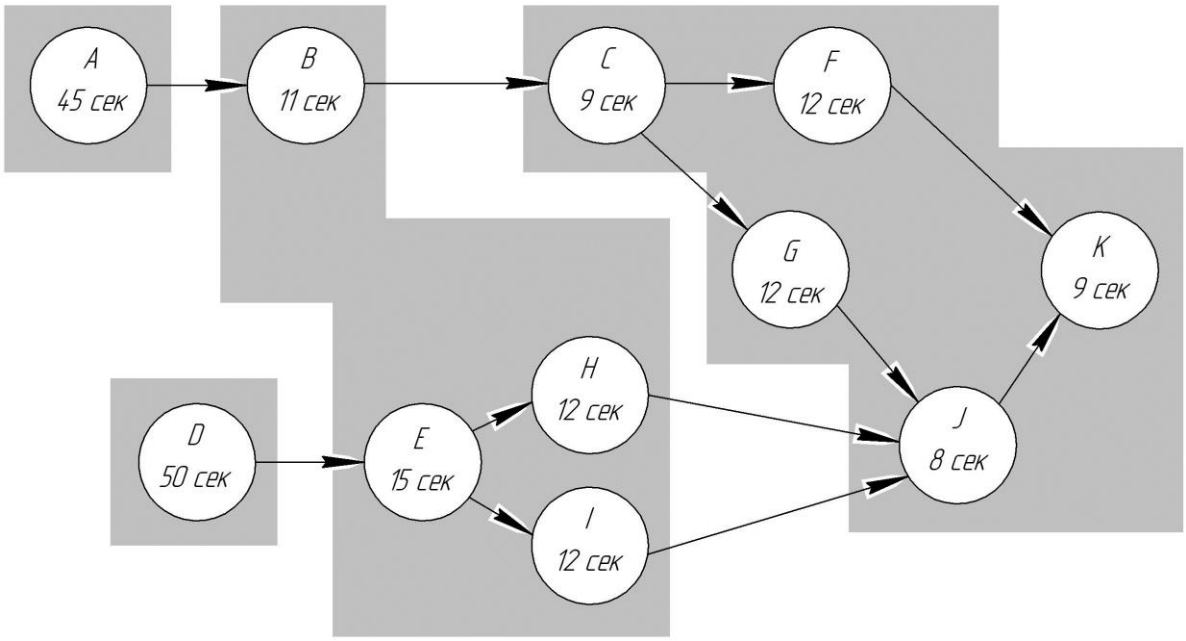


Рисунок 8.2 − Діаграма черговості операцій і закріплення операцій за окремими робочими місцями

Після розподіл (закріплення) операцій за окремими робочими місцями визначається коефіцієнт завантаження (ефективності) лінії:

$$\overline{K}_{зі} = \frac{\sum t_i}{C_p \cdot r} \cdot 100\% = \frac{195}{4 \cdot 50{,}4} \cdot 100\% = 96{,}7\%.$$

При такому плануванні 11 операцій зі складання автомобіля закріплюються за 4 робочими місцями.

Організація автоматизованого виробництва

З розвитком потокового виробництва почали виявлятися деякі його негативні властивості. Головними серед них можна назвати такі: монотонність, одноманітність праці, що значно підвищує психологічні навантаження на робітників; чутливість потокового виробництва до можливих відхилень у постачанні, оснащенні, документації. Так, будь-який зрив у постачанні матеріалів, сировини може спричинити зупинку конвеєра, що призводить до великих економічних втрат.

Кардинальним вирішенням проблеми потокового виробництва стало створення автоматичних потокових ліній. Автоматичні лінії дозволяють неперервність виробничих процесів об'єднувати з автоматичністю їх виконання.

Автоматична лінія (АЛ) – це система машин–автоматів, які розташовані по ходу виконання технологічного процесу (ТП) і об’єднані автоматичними механізмами та пристроями для вирішення задач транспортування, накопичення запасів, видалення відходів, зміни орієнтації. АЛ оснащена системою керування.

Автоматична лінії поділяються на такі групи:

– *синхронні (жорсткі) АЛ* – складаються з окремих машин–автоматів, пов’язаних між собою транспортером для передачі деталей з одного автомату на інший;

– *несинхронні (гнучкі) АЛ* – складаються з незалежно працюючих автоматів. На цих лініях між верстатами-автоматами встановлюють бункери або інші пристрої для приймання, зберігання та видачі заготовок;

– *комбіновані АЛ*. В цих лініях обладнання поділене на групи, які розділені бункерними механізмами. В разі відмови якогось верстата зупиняється лише група верстатів, до складу якої він входить, а інші працюють до повного використання заготовок з бункерів.

Залежно від характеру виробництва АЛ поділяють на:

а) перервної дії, коли заготовки з однієї операції переміщуються на іншу через певний проміжок часу;

б) безперервної дії, коли заготовки з однієї операції переміщуються на іншу без зупинки.

В залежності від функціонального призначення АЛ поділяються на: механообробні, механоскладальні, складальні, заготівельні, термічні, контрольно–вимірювальні, пакувальні, консерваційні, комплексні.

Головним параметром автоматичних ліній є такт потоку, який визначається сумарним часом обробки t_o, установки, закріплення і зняття виробу $t_в$ та його транспортування $t_{тр}$:

$$r = t_o + t_в + t_{тр}. \tag{8.18}$$

Циклова фактична продуктивність АЛ визначається за формулою:

$$g_ц = \frac{N_ц}{T_ц + t_{то} + t_{оо}}, \tag{8.19}$$

де $N_ц$ – число виробів, що виготовляються за один цикл; $T_ц$ – час одного циклу ($T_ц = t_o + t_д$, де t_o і $t_д$ – основний і допоміжний час); $t_{то}$ – час технічного обслуговування; $t_{оо}$ – час організаційного обслуговування.

Комплексна автоматизація виробництва широко пов'язана із створенням нових типів систем машин, до яких відносяться роторні машини і роторні лінії.

Роторні лінії застосовуються при виконанні наступних ТП: обробка тиском, термічні та хімічні операції, операції складання, контролю та деякі інші. Їх переваги: висока продуктивність, надійність (низька кількість відмов), неперервність транспортування інструментальних блоків і їх взаємозамінність без зупинки ротора, відсутність міжопераційних накопичувачів, можливість проводити 100% контроль якості всього потоку продукції.

Кожний технологічний ротор разом з транспортно–передаючими пристроями складає окрему автоматичну лінію. Роторна автоматична лінія (рис. 8.3) монтується з окремих роторних машин у відповідності з вимогами ТП. Циклова продуктивність роторної машини визначається за формулою:

$$g_{цм} = \frac{n}{T_{цр}} = n \cdot w, \tag{8.20}$$

де n – число робочих інструментальних позицій; ω – частота обертання ротора; $T_{цр}$ – цикл ротора.

Циклова продуктивність роторної лінії визначається за формулою:

$$g_{цл} = \frac{v_p}{h_p}, \tag{8.21}$$

де v_p – колова швидкість переміщення позиції ротора; $h_р$ – крок між позиціями ротора.

На сьогодні основним видом крупновузлового складання автомобілів у світі є їх складання на автоматичних конвеєрних лініях (рис. 8.4).

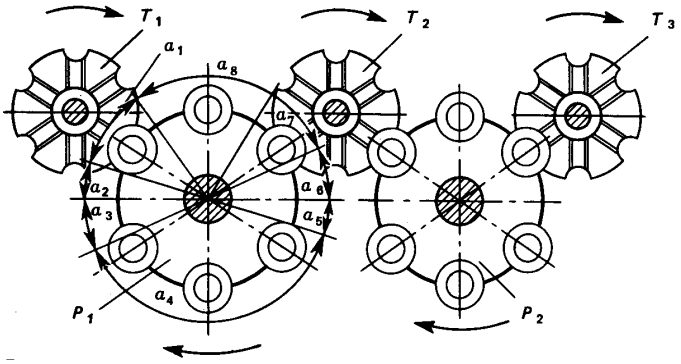


Рисунок 8.3 − Роторна автоматична лінія:
P_1 і P_2 – технологічні ротори;
T_1, T_2, T_3 – транспортні ротори

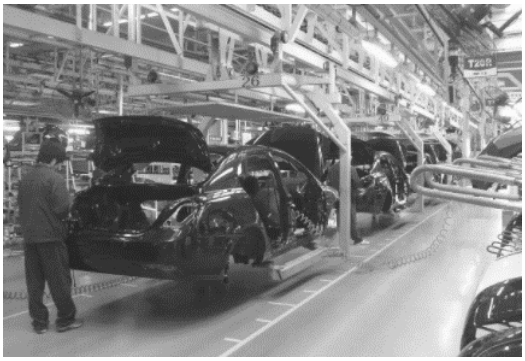


Рисунок 8.4 − Фото складання автомобілів на автоматичній конвеєрній лінії

8.4. Встановлення плану і методів обробки

Приступаючи до розробки технологічного процесу механічної обробки, необхідно попередньо вибрати вид заготовки для виготовлення даної деталі.

Встановлення плану і методу обробки має на меті забезпечити найбільш раціональний процес обробки деталі. У плані вказується послідовність виконання технологічних операцій, а також в кожній із них встановлюють метод обробки, використовуване устаткування (металооброрбний верстат або інший вид), використовуване пристосування, робочий і вимірювальний інструмент, режими обробки (різанням або іншим способом), норми часу (по елементах), кваліфікації робіт.

План повинний передбачати розчленовування технологічного процесу обробки деталі на складові частини: операції, установки, позиції, переходи, ходи, а в необхідних випадках і прийоми.

При складанні плану і виборі методу обробки характер технологічного процесу встановлюється в залежності від характеру продукції і виду (типу) виробництва. В одиничному і дрібносерійному виробництвах прийнятий ущільнений технологічний процес, виконуваний на верстатах загального призначення, у серійному виробництві технологічний процес диференційований на операції з закріпленням їх за визначеними верстатами. У крупносерійному і масовому виробництві технологічний процес може здійснюватися по одному з двох принципів: за принципом диференціації на елементарні операції або за принципом концентрації операцій.

У сучасному великосерійному і масовому виробництвах все більше прагнуть застосовувати другий принцип, як такий, що дає найбільшу техніко–економічну ефективність: найбільшу продуктивність, менший основний і допоміжний час, скорочення тривалості виробничого циклу, у багатьох випадках велику точність деталей і інше.

Вибір методу обробки залежить від вимог, пропонованих за точністю і класом шорсткості обробки даної деталі. Необхідна точність обробки відповідно до вимог того або іншого класу точності досягається на різних верстатах різними способами. При виборі методу обробки необхідно враховувати економчіну доцільність його застосування. Клас точності і клас шорсткості поверхонь деталі повинні визначатися тільки конструктивними й експлуатаційними умовами її роботи. Недостатня точність може погіршити якість машини, але в той же час надлишкова (у порівнянні з необхідної) точність збільшує вартість машини, зменшує випуск продукції за той же проміжок часу.

При проектуванні технологічних процесів користуються складеними на підставі довідникових даних, таблицями середніх величин економічної точності різних методів обробки.

Послідовність операцій слід вибирати на основі наступних загальноприйнятих методів:

1. У першу чергу обробляють поверхні деталі, котрі є базами для подальшої обробки.

2. Далі варто обробляти поверхні, з яких знімається найбільш товстий шар металу, тому що при цьому легше встановлюються внутрішні дефекти заготовки (раковини, включення, тріщини, волосинки та ін.).

3. Операції, де існує велика ймовірність браку через дефекти в матеріалі або складності механічної обробки, повинні виконуватись на початку процесу.

4. Наступна послідовність операцій встановлюється в залежності від необхідної точності поверхні: чим точніше повинна бути поверхня, тим пізніше вона повинна оброблятися, тому що обробка кожної наступної поверхні може викликати викривлення раніше обробленої поверхні; це відбувається через те, що зняття кожного шару металу з поверхні деталі викликає перерозподіл внутрішніх напружень, що і викликає деформацію деталі.

5. Поверхні, що повинні бути найбільш точними і з найменшою шорсткістю, повинні оброблятися останніми; цим виключається або зменшується можливість зміни розмірів і пошкодження кінцево оброблених поверхонь. Якщо такі поверхні були оброблені раніше і потім виконувалися ще інші операції, то їх обробляють повторно для остаточної обробки.

6. Поєднання чорнової та чистової обробки на тому самому верстаті може привести до зниження точності обробленої поверхні внаслідок впливу значних сил різання і сил затиснення при чорновій обробці і більшому зносі деталей верстата.

В разі необхідності гартування поверхонь чи деталей вцілому цей процес проводять після чорнових операцій обробки допоміжних поверхонь.

8.5. Вибір обладнання, пристосувань, різального та вимірного інструментів

Встановлюючи при проектуванні технологічного процесу план і методи обробки деталей, одночасно вказують, на якому верстаті буде виконуватися

операція, і приводять його характеристику: найменування верстата, назва заводу–виготовлювача, модель і основні технічні характеримтики.

При проектуванні технологічних процесів необхідно володіти всіма даними, що характеризують технологічне обладнання. Паспорт дає повну характеристику верстата, що визначає його виробничі можливості і технічний стан, якщо він знаходиться в експлуатації.

Якщо при проектуванні технологічного процесу на очікуване нове обладнання паспортів не має, то користуються відомостями про нього з відповідних каталогів.

Вибір типу верстата насамперед визначається його можливістю забезпечити виконання технічних вимог, що ставляться до обробленої деталі у відношенні точності її розмірів, форми і класу шорсткості поверхонь. Якщо по характері обробки ці вимоги можна виконати на різних верстатах, вибирають той або інший верстат для виконання даної операції на основі наступних розумінь:

1) відповідність основних розмірів верстата габаритним розмірам оброблюваної деталі або декількох одночасно оброблюваних;

2) відповідність продуктивності верстата кількості деталей, що підлягає обробці протягом року;

3) можливо більш повне використання верстата по потужності і за часом;

4) найменша витрата часу на обробку;

5) найменша собівартість обробки;

6) найменша відпускна ціна верстата;

7) реальна можливість придбання того або іншого верстата;

8) необхідність використання наявних верстатів.

В економіці технологічного процесу досить важливе значення має продуктивність верстата, тому що верстат, як вже вказувалось, повинний повністю використовуватися за часом. Однак іноді вигідніше застосувати верстат більш високої продуктивності й у тому випадку, коли завантаження його за часом неповне, якщо при цьому собівартість обробки виходить нижче, ніж на іншому верстаті, хоча б і цілком завантаженому. У зв’язку з цим слід пам’ятати, що застосування спеціальних, агрегатних і інших високопродуктивних верстатів повинне бути економічно обґрунтовано. Використання таких верстатів у крупносерійному і масовому виробництві, як правило, завжди доцільно й економічно виправдане.

Головною й основною задачею сучасного верстатобудування є досягнення найменшого часу обробки, найбільшій точності і найменшій собівартості виготовлення з забезпеченням по можливості найбільшої автоматизації.

Як видно, вирішуючим фактором при виборі того або іншого верстата (якщо виконання даної операції можливе на різних верстатах, що забезпечують задоволення технічних вимог до деталі) є економічність процесу обробки.

Для проведення техніко-економічного порівняння обробки деталі на двох верстатах, необхідно зробити повний розрахунок основної заробітної плати,

виробничих і цехових накладних витрат з виготовлення даної деталі. Точний підрахунок собівартості обробки особливо необхідний при порівнянні робіт на верстатах, що вимагають складного налагодження, витрати на яке повинні прийматися в розрахунок. Це, зокрема, відноситься до автоматів, напівавтоматів, агрегатних верстатів.

Варто пам'ятати, що порівнювати економічність виготовлення деталі на двох (або більше) верстатах, виходячи із собівартості обробки, можна тільки за умови, що вид заготовки для обох верстатів буде той самий. Якщо ж для порівнювальних верстатів повинні застосовуватися заготовки різного виду, то порівнювати треба по собівартості деталі (сума витрат на матеріал; основна заробітна плата виробничих робітників; цехові накладні витрати). Метод техніко–економічного порівняння варіантів технологічного процесу викладений далі.

При проектуванні технологічного процесу обробки деталі, коли складається план і вибирається метод обробки, одночасно з вибором верстата треба встановити, яке пристосування необхідно для виконання на даному верстаті наміченої операції.

Якщо необхідне пристосування належить верстату (лещата, люнет, задній центр та ін.) то вказується тільки його найменування. При використанні універсально–складального пристосування (УСП) робляться відповідні висновки. Якщо ж для даної операції потрібне спеціальне пристосування, то на стадії технічного проекту технолог, виходячи з умов і вимог обробки, звичайно розробляє тільки схему або загальний вид пристосування, а в деяких випадках вказується тільки принцип його роботи.

При проектуванні ж робочого технологічного процесу проводиться конструктивна розробка пристосування з виготовленням робочих креслень. Звичайно, це виконується в заводських конструкторьських бюро технологічного оснащення. В одиничному і дрібносерійному виробництві широко застосовується обробка без пристосувань або з пристосуваннями універсального типу, що звичайно є приналежністю верстатів (лещата, ділильні універсальні головки, поворотні столи та ін.). Якщо ж намічається потреба у виготовленні спеціального пристосування для обробки деталі в одиничному і дрібносерійному виробництвах, то, перш ніж почати його конструктивну розробку, необхідно з'ясувати економічну доцільність його застосування; це визначається на підставі зіставлення собівартості обробки деталі без пристосування і з пристосуванням; при врахуванні собівартості обробки деталі з пристосуванням враховується його собівартість, що приходиться на одну деталь.

У великосерійному і масовому виробництвах застосовуються головним чином спеціальні пристосування, що скорочують допоміжний й основний час більше, ніж універсальні, при більш високій точності. Одночасно з вибором верстата і пристосування для кожної операції вибирають необхідний різальний інструмент, що забезпечує досягнення найбільшої продуктивності, потрібної точності і класу шорсткості обробленої поверхні; вказується коротка характеристика інструмента, найменування і розмір, марка матеріалу і номер

стандарту або нормалі у випадку застосування стандартного або відповідно нормалізованого інструмента.

Якщо для даної операції потрібно спеціальний інструмент, то в технологічній документації відзначається – «спеціальний інструмент», і в цьому випадку повинні бути розроблені креслення його конструкції. Застосування того або іншого типу інструмента залежить від наступних основних факторів; виду верстата; методу обробки; матеріалу оброблюваної деталі, її розміру і конфігурації; необхідної точності та класу шорсткості обробки; типу виробництва (одиничне, серійне, масове).

Витрати на інструмент входять у собівартість обробки (по статті накладних витрат), тому, вибираючи інструмент відповідно до прийнятого методу обробки, необхідно прагнути до повного використання його різальних властивостей.

Вибір матеріалу різальної частини інструменту має велике значення для підвищення продуктивності і зниження собівартості обробки і залежить від прийнятого методу обробки, роду оброблюваного матеріалу й умов роботи. Для виготовлення різальної частини інструменту застосовують: а) тверді сплави; б) інструментальні сталі вуглецеві, леговані, швидкорізальні; в) метало– і мінералокерамічні сплави; г) алмази (натуральні і синтетичні).

Внаслідок високої різальної здатності рекомендується широке застосування металокерамічних твердих і мінералокерамічних сплавів. Для обробки сталі застосовують титановольфрамові тверді сплави, тому що підвищення твердості титану підвищується одночасно із різальною здатністю, крихкість сплаву, що при важких умовах роботи (обдирання з перемінним припуском, наявність ударного навантаження, недостатня твердість системи верстат – пристосування – інструмент – деталь) застосовують сплав з низьким вмістом титана, а для викінчувальних робіт – з високим. У випадку викришування титановольфрамових сплавів при обробці сталей можливе застосування вольфрамових сплавів.

Для обробки чавуну, кольорових металів і неметалічних матеріалів застосовують вольфрамові сплави.

Мінералокерамічні сплави застосовують для чистової і напівчистової обробки без ударного навантаження і при досить жорсткій системі верстат – пристосування – інструмент – деталь.

Інструментальні сталі широко застосовуються: а) при неможливості повністю використовувати різальні властивості твердих сплавів, у зв’язку з малою потужністю і недостатніми оборотами верстата, незбалансованістю деталі й інше; б) для складних і фасонних інструментів; в) для інструментів, що працюють на низьких швидкостях різання (наприклад, при ручних роботах). Найбільш вживаною з інструментальних сталей є швидкорізальна.

Леговані сталі, що незначно деформуються при термічній обробці, рекомендуються для фасонних інструментів складної конфігурації, які працюють на низьких швидкостях різання, я також при нешліфованому профілі.

Вуглецеві сталі застосовуються для інструментів, що працюють на низьких швидкостях різання, зокрема для дрібних і ручних інструментів.

Алмази застосовуються для чистової оздоблювальної обробки при високих швидкостях різання.

При виборі і встановленні методу обробки поряд з різальним інструментом, вказується вимірювальний інструмент, необхідний для виміру деталі в процесі її обробки або після неї з короткою його характеристикою: найменування, тип, розмір.

При одиничному виробництві, коли розміри деталей, оброблюваних на даному верстаті, досить різноманітні, застосовується вимірний інструмент загального призначення, тобто такий, котрим можна перевіряти різні розміри; наприклад, лінійки, кронциркулі, штангенциркулі, мікрометри, нутроміри, глибиноміри, вимірні прилади та ін. У серійному і масовому виробництві з частою повторюваністю деталей тих самих розмірів використовується спеціальний вимірювальний інструмент – калібри і шаблони, а також вимірювальні пристосування, прилади, автоматичні пристрої.

Вимірювальний інструмент вибирається в залежності від виду вимірної поверхні та необхідної точності.

8.6. Встановлення режимів різання

Режими різання, що встановлюються для обробки деталі, є одними з головних факторів технологічного процесу. Вони містять у собі наступні основні елементи: глибина різання t (мм); подача s (мм); швидкість різання V (м/хв.) або число обертів шпинделя верстата n (об/хв.). Вихідними даними для вибору режимів різання є:

1) дані про оброблювану деталь (робоче креслення і технічні умови); вид матеріалу і його характеристика (марка, стан, механічні властивості); форма, розміри і допуски на обробку; відхилення, що допускаються, від геометричної форми (овальність конусність, допустим погрішності взаємної координації окремих поверхонь і т. д.); необхідна чистота, шорсткість, тобто клас шорсткості (мікрогеометрія) оброблюваної поверхні; вимоги до стану поверхневого шару (допустим зміцнення);

2) матеріали про заготовку (креслення і технічні умови): вид заготовки; величина і характер розподілу припусків; стан поверхневого шару (наявність окалини, зміцнення);

3) паспорта верстатів.

Елементи режимів різання вибираються таким чином, щоб була досягнута найбільша продуктивність праці при найменшій собівартості даної технологічної операції. Ця вимога виконується при роботі інструментом раціональної конструкції (правильно підібраний матеріал, найвигідніша геометрія, необхідна міцність, твердість і вібростійкість, зносостійкість і ін.), а також якщо верстат не обмежує повного використання властивостей різального інструмента. Режим різання встановлюють, виходячи з особливостей оброблюваної деталі і характеристики різального інструмента та верстата.

Вибір елементів режиму різання невід'ємний від вибору різального інструмента, з погляду його матеріалу, конструкції і геометрії різальної частини.

Для досягнення найбільшої продуктивності слід приймати міри до збільшення експлуатаційних можливостей верстатів. До числа таких заходів можна віднести:

1) підвищення числа обертів шпинделів шляхом зміни шківів, зубчастих коліс, електродвигунів приводу;

2) підвищення потужності і тягової сили устаткування шляхом заміни електродвигунів, застосування натяжних пристроїв для ременів та ін.;

3) збільшення міцності лімітованих (найбільш слабких) ланок механізмів;

4) збільшення твердості оброблюваних деталей і надійності їхнього кріплення шляхом застосування спеціальних затискних пристроїв і пристосувань;

5) поліпшення експлуатаційних властивостей різального інструмента, підвищення його міцності і надійності кріплення та ін.

Вибір величин елементів різання і параметрів інструмента для точіння ведеться в наступному порядку.

1. Вибирають глибину різання, встановлювану в залежності від припуску на обробку і числа проходів. Припуск розбивається на чорновий, чистовий і оздоблювальний. Величина припуску визначається в залежності від отриманих при попередній обробці: величини дефектного шару (зміцнення, відпуск, припал та ін.); мікрогеометрії поверхні; погрішностей форми деталі; погрішності установки деталі для даної операції; допуску на виконання попередньої операції. Необхідно прагнути до зменшення числа проходів. Припуск під чорнову обробку звичайно знімається за 1–2 ходи. Кількість чистових і оздоблювальних ходів вибирається в залежності від потрібної точності обробки, класу шорсткості поверхні і стану поверхневого шару деталі.

2. Вибирають різальний інструмент – встановлюють його тип, розмір, матеріал і найвигіднішу геометрію в залежності від:

а) виду оброблюваної деталі;

б) характеру обробки;

в) матеріалу різальної частини інструменту;

г) твердості та вібростійкості системи.

3. Визначають подачі в залежності від:

а) виду деталі і характеристики її оброблюваних поверхонь (твердості, міцності і вібростійкості, стану поверхневого шару, мікрогеометрії поверхні);

б) різального інструмента, (міцності, твердості, зносостійкості і вібростйкості);

в) характеристики верстата (міцність механізмів подач, швидкостей, твердості, вібростійкості і кінематики).

Приймається найбільша подача, допустима вищевказаними обмежуючими факторами.

Дійсну подачу приймають по паспорту верстата, найближчу до розрахункового яку визначають за формулою:

$$s = \frac{f}{t}, \tag{8.22}$$

де s – подача в мм; f – поперечне січення стружки, мм²; t – глибина різання, мм.

4. Вибирають період стійкості різального інструменту, в залежності від типу і розміру інструмента, характеристики оброблюваної деталі й умов роботи. Середні значення періодів стійкості приводяться у відповідних нормативах.

5. Визначаються швидкість різання і число обертів шпинделя в залежності від раніше обраних факторів за формулою:

$$V_T = \frac{C_v}{t^x v s^y v}, \tag{8.23}$$

де V_T – швидкість різання при обраному періоді стійкості різального інструмента, рівному T (хв), t – глибина різання в мм; s – подача в мм/об.; x_o і y_o – показники ступеня відповідно при глибині різання і подачі; C_v – постійна величина, що залежить від ряду факторів: матеріалу інструмента, оброблюваного матеріалу, виду обробки (зовнішнє точіння, розточування, підрізання та ін.), характеру обробки (чорнова, чистова, наявность охолодження й ін.)

При виборі іншого періоду стійкості T_1, відмінного від T, швидкість різання V_{T_1}, що відповідає періоду стійкості T_1, може бути перелічена за формулою:

$$V_{T_1} = V_T \left(\frac{T}{T_1} \right)^m, \tag{8.24}$$

де m – показник відносної стійкості.

Величина m при точінні різцями коливається в залежності від оброблюваного матеріалу, матеріалу різальної частини, типу різця й умов роботи від 0,1 до 0,3.

Швидкість різання V при заданому числі обертів визначаються за формулою:

$$V = \frac{\pi d n}{1000} \text{ (м/хв)}, \tag{8.25}$$

де d – діаметр оброблюваної деталі в мм; n – число обертів шпинделя в хвилину.

За вибраною швидкістю різання визначають число обертів за формулою:

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi d}. \tag{8.26}$$

Визначивши розрахункове число обертів, приймають дійсне число обертів по паспорті верстата, найближче до розрахункового; при відсутності паспорту обмежуються визначенням розрахункового числа обертів; у цьому випадку необхідно враховувати знаменник прогресії коробки швидкостей верстата і не змінювати числа обертів при невеликій різниці в діаметрах обробки.

Основний (технологічний) час t_0, як було зазначено раніше, рівний:

$$t_0 = \frac{li}{ns}, \tag{8.27}$$

де l – розрахункова довжина оброблюваної поверхні в мм, n – число обертів шпинделя верстата в хв.; s – подача за один обертшпин–деля в мм/про; і – число ходів.

З метою найменшої витрати часу на обробку необхідно, щоб добуток $n*s$ був максимальним з можливих для данного верстата величин s і n, тоді t_0 буде найменшим. Однак варто мати на увазі, що не завжди найменший машинний час відповідає найменшій собівартості обробки деталі, тому що підвищений режим роботи викликає збільшення витрат інструменту, витрати часу на налагодження устаткування, зміну інструмента і збільшення інших витрат. Виходячи з цього, тривалість основного часу повинна визначатись відповідно до оптимального режиму роботи устаткування, при якому досягається найбільша продуктивність праці при найменшій собівартості операції.

6. Визначаються складові сили різання і крутний момент. Величини складових сил різання визначаються за відомими формулами. Крутний момент, $M_{кр}$ визначається за формулою:

$$M_{кр} = P_z \frac{d}{2} \text{ (кг мм), або } M_{кр} = P_z \frac{d}{2}(9.81 \cdot 10^{-3}) \text{ (Н м)}, \tag{8.28}$$

де P_z – вертикальна складова сили різання в кг; d – діаметр деталі в мм.

7. Визначення потрібної потужності верстата. Ефективна потужність на різці N_e дорівнює:

$$N_e = \frac{P_z v}{60 \cdot 75 \cdot 1.36} \text{ (кВт), в СІ } N_e = P_z v \cdot 10^{-3} \text{ (кВт)}, \tag{8.29}$$

де P_z – вертикальная складової сили різання в кг; v – швидкість різання в м/хв. (м/сек).

Необхідна потужність на приводі верстата $N_{пр}$ дорівнюватиме:

$$N_{пр} = \frac{N_e}{\eta} = \frac{P_z v}{60 \cdot 102 \eta}, \text{ або в СІ: } N_{пр} = \frac{P_z v \cdot 10^{-3}}{\eta}, \tag{8.30}$$

де η – к.к.д., верстата.

Величина к.к.д. береться з паспорту верстата (у середньому η = 0,80–0,85).

Підрахувавши величину $N_{пр}$, зіставляють її з потужністю електродвигуна обраного верстата $N_{ст}$ і розподілом першої величини на другу, одержують коефіцієнт використання верстата по потужності ($\eta_м$):

$$\eta_м = \frac{N_{пр}}{N_{ст}}. \tag{8.31}$$

У тому випадку, коли потужність електродвигуна менше потрібної з розрахунку, потрібно знизити швидкість різання, а не подачу. Значення постійних коефіцієнтів і показників степенів у формулах для визначення швидкостей і сил різання, а також поправочних коефієнтів для швидкості та сил різання при змінених умовах обробки приводяться в нормативах режимів різання. У цих нормативах даються готові таблиці та графіки для визначення елементів режимів різання (складені на підставі розрахункових формул), якими звичайно і користуються в практиці проектування технологічних процесів, а також і у виробничій практиці. Однак в окремих випадках обрані нормативні величини елементів різання необхідно підтвердити розрахунком.

Для інших (крім точіння) видів обробки (свердління, фрезерування, шліфування, зубонарізування) режими різання встановлюються в наступному порядку.

При роботі на свердлильних верстатах спочатку визначають подачу, потім обраною подачею і діаметром свердла, й в залежності від оброблюваного матеріалу визначається швидкість різання. По встановленій подачі для даного діаметра свердла підраховується крутний момент. Далі по крутному моменту і числу обертів (отриманому по швидкості різання) визначається потужність при свердлінні. Підрахований крутний момент на свердлі варто зіставити з крутним моментом за паспорті верстата для того числа обертів, при якому проводиться свердління.

Встановлення режимів різання для циліндричних, хвостових і дискових фрез полягає у визначенні при заданій глибині різання подачі на зуб (мм/зуб), хвилинної подачі (мм/хв.), швидкості різання (м/хв.), числа обертів фрези в хвилину, тангенціальної складової сили різання (Н) і ефективної потужності (кВт). При роботі торцевими фрезами визначають також подачу на зуб, хвилинну подачу, швидкість різання, число обертів і ефективну потужність.

При встановленні режимів різання для шліфування визначають швидкість обертання шліфувального круга (м/с) в залежності від оброблюваного матеріалу, швидкості обертання оброблюваної деталі (м/хв.), повздовжньої подачі круга (для звичайного методу шліфовання у частинках круга, а для глибинного – у міліметрах на оберт деталі), поперечну подачу – глибину різання (у міліметрах – при роботі круга з подовжньою подачею, у міліметрах на оберт виробу – при шліфуванні в упор), число обертів стола і глибину шліфування на один оберт (при шліфуванні на верстатах карусельного типу), швидкість ходу стола (м/хв.) при шліфуванні на верстатах подовжнього типу.

При нарізанні циліндричних зубчастих коліс на фрезерних і зубодовбальних верстатах визначається хвилинна подача (мм/хв.); швидкість

різання приймається як постійна величина для даного оброблюваного матеріалу.

При нарізанні циліндричних зубчастих коліс із прямим і косим зубом на зубофрезерних верстатах, що працюють черв'ячними фрезами, визначаються подача (мм) на один оберт оброблюваної деталі, швидкість різання (м/хв.) і ефективна потужність (кВт); при нарізанні на тих же верстатах черв'ячних зубчастих коліс методом радіальної подачі визначається радіальна подача (мм) на один оберт оброблюваної деталі; швидкість різання приймається як постійна величина для даного матеріалу.

При нарізанні циліндричних зубчастих коліс довб'яком на зубодовбальних верстатах, що працюють за принципом обкатування, визначається кругова подача (мм) по початковому колі нарізуваного колеса на один подвійний хід довб'яка, швидкість різання і число подвійних ходів.

При нарізанні зубчастих коліс гребінкою на зубодовбальних верстатах визначається число ходів на один зуб колеса, швидкість різання і число подвійних ходів у хвилину.

При нарізанні конічних зубчастих коліс на зубострогальних верстатах одного типу визначається подача на один подвійний хід шпинделя (мм) і число подвійних ходів шпинделя в хвилину; при нарізанні конічних зубчастих коліс на верстатах іншого типу визначається подача (мм) на один оберт нарізуваного колеса і число подвійних ходів шпинделя в хвилину; при нарізанні конічних зубчастих коліс на верстатах третього типу визначаються подача обкатування (мм/хв.) і число подвійних ходів шпинделя. Швидкості різання для всіх цих верстатів приймаються як постійні величини для даного оброблюваного матеріалу.

При нарізанні різі різцями і гребінками визначаються число проходів і швидкість різання (м/хв.), подачею (мм/об.) оброблюваної деталі є крок нарізуваної різьби (мм), число обертів нарізуваної деталі визначається за формулою швидкості різання; при нарізанні різі на різефрезерних верстатах дисковими і груповими фрезами визначаються швидкість різання (м/хв.) і подача: для дискової фрези – у мм/хв., для групової фрези – у мм/зуб.

Приведемо порядок і метод визначення режиму різання при багатоінструментній обробці на одношпиндельних токарних вестатах–автоматах і на багатошпиндельних напівавтоматах послідовної дії. До числа перших з названих верстатів відноситься, наприклад, токарний багаторізцевий напівавтомат моделі 1721, до числа других – токарний шести шпиндельний напівавтомат моделі 1272.

Багатоінструментна обробка на одношпиндельних токарних верстатах–напівавтоматах.

1. Визначається довжина робочого ходу кожного супорта $L_{р.х.}$. Для цього розраховується довжина ходу кожного інструмента *L*:

$$L = L_{різ} + l_{вр} + l_{доп}, \qquad (8.32)$$

де $L_{різ}$ – довжина різання; $l_{вр}$ – величина підходу, врізання і переходу інструмента; $l_{доп}$ –додаткова довжина ходу, що залежить від конфігурації деталі.

Найбільша з розрахованих довжин ходу окремих інструментів $L_{\max}$ і є довжиною робочого ходу супорта $L_{р.х.}$, тобто:

$$L_{р.х.} = L_{\max}. \tag{8.33}$$

2. Призначається подача кожного супорта по нормативах s_0, мм/об.; при цьому для супорта з нелімітуючим інструментом подача зменшується; призначені подачі уточнюються по паспорту верстата.

3. Визначаються періоди стійкості (T) для тих інструментів, котрі приблизно являються лімітуючими, тобто для яких за підрахунками виходять найменші числа обертів шпинделя:

$$T = T_м \lambda, \tag{8.34}$$

де T – період стійкості в хвилинах різання кожного з інструментів налагодження, для яких розраховується швидкість різання; $T_м$ – період стійкості в хвилинах машинної роботи верстата; приймається по нормативних таблицях у залежності від числа інструментів у наладці, $T_м$ відносяться до лімітованих інструментів, по стійкості; λ – коефіцієнт часу різання для даного інструмента, що дорівнює відношенню кількості обертів шпинделя верстата за час різання до кількості обертів шпинделя за час ходу супортів верстата на робочій подачі.

Якщо $\lambda > 0{,}07$, то можна прийняти без розрахунку, що $T = T_м$. При обробці твердосплавними інструментами сталевих деталей період стійкості приймається не більш 200 хв., незважаючи на результат розрахунку, отриманого по вищевказаній формулі.

При роботі одним супортом і при рівнобіжній роботі супортів верстата, коли очевидно, що лімітуючі по стійкості інструменти закріплені на супорті, що працює найбільш довгий час, коефіцієнт часу різання:

$$\lambda = \frac{L_{різ}}{L_{р.х.}}. \tag{8.35}$$

4. Відповідно до встановленого стійкостями T визначається по нормативних таблицях швидкість різання у м/хв. для довготривало лімітуючих інструментів:

$$v = v_{табл} k_1 k_2 k_3, \tag{8.36}$$

де $v_{табл}$ –швидкість різання з нормативних таблиць; k_1–поправочний коефіцієнт, що залежить від оброблюваного металу (сталь, чавун, алюмінієві сплави, їхньої марки); k_2 – поправочний коефіцієнт, що залежить від періоду стійкості і марки твердого сплаву; k_3– поправочный коефіцієнт, що залежить від виду обробки

(розточування, поперечне точіння, фасонне точіння); $k_1; k_2; k_3$ приймаються по нормативних таблицях.

По отриманій швидкості різання розраховують число обертів шпинделя верстата:

$$n = \frac{1000v}{\pi d}. \tag{8.37}$$

Виходячи з розрахованих чисел обертів для лімітуючих інструментів (з перевищенням не більше 10–15%), підбирають число обертів шпинделя верстата по паспорті й уточнюють швидкості різання по прийнятому числу обертів:

$$v = \frac{\pi d n}{1000}. \tag{8.38}$$

5. Розраховується основний (машинний) час обробки $t_м$ у хвилинах. Якщо основні часи роботи супортів перекриваються, в розрахунок приймається найбільший основний час ($t_{м.найб}$) одного супорта:

$$t_{м.найб} = \frac{L_{р.х.}}{s_0 n}. \tag{8.39}$$

Якщо ж основні часи роботи супортів не перекриваються, основний час верстата $t_{м.ст}$ дорівнює сумі основних часів, що неперекриваються окремих інструментів t_i тобто:

$$t_{м.ст} = \sum t_i. \tag{8.40}$$

6. Розраховується потужність різання:

а) підраховується потужність різання для кожного інструмента по формулах або нормативам $N_{різ}$ у кВт;

б) підраховується сумарна потужність різання $N_{\sum\ різ}$ у кВт, найбльша за період роботи верстата. Вона рівна сумі потужностей різання $N_{різ}$ одночасно працюючих інструментів, тобто:

$$N_{\sum\ різ} = \sum N_{різ}. \tag{8.41}$$

в) здійснюється перевірка потужності двигуна $N_{дв}$; для цього сумарна потужність різання $N_{\sum\ різ}$ зіставляється про потужність двигуна (по паспорті верстата):

$$N_{\sum\ різ} \le 1{,}2 N_{дв}\eta, \tag{8.42}$$

де η – коефіцієнт корисної дії верстата;

г) проводиться перевірка міцності приводу по припустимому крутному моменті, для даного числа обертів:

$$N_{\sum\ різ} \le N_{кр}; \tag{8.43}$$

$$N_{кр} = \frac{M_{кр} n}{716{,}2 \cdot 1{,}36} = \frac{M_{кр} n}{974} \text{ (кВт)}, \qquad N_{кр} = \frac{M_{кр} \omega}{10^2} \text{ (кВт)}, \tag{8.44}$$

де $N_{кр}$ – потужність приводу верстата по крутному моменті, кВт; $M_{кр}$ – допустимий по міцності для даного числа обертів крутний момент, кг мм (Н м); n – число обертів шпинделя верстата, ω – кутова швидкість у рад/с; $\left(1\,об/хв. = \frac{\pi}{30}\,рад/с\right)$.

Якщо потужність верстата недостатня, необхідно знизити число обертів або величину подачі.

Багатоінструментна обробка на багатошпиндельних напівавтоматах послідовної дії для кожної позиції здійснюється в тому же порядку і тими ж методами, як викладено вище для одношпиндельних токарних напівавтоматів. Визначаються наступні параметри:

1) довжини робочих ходів супортів $L_{р.х.}$;

2) подача s_0;

3) періоди стійкості T (необхідно враховувати всі інструменти верстата, а не тільки встановлені на розглянутій позиції; для осьового інструмента стійкість T розраховується, як у попередньому випадку, при цьому $\lambda = \frac{L_{різ}}{L_{р.х.}}$;

4) швидкість різання і число обертів шпинделя n;

5) основний (машинний) час $t_м$;

6) основний час верстата $t_{м.ст}$, рівний сумі основних часів по окремих позиціях, $t_{м.ст} = \sum t_м$;

7) швидкість різання коректується убік зменшення числа обертів шпинделя (а іноді і подач) на нелімтуючих позиціях з обліком встановленого основного часу верстата. При обробці твердосплавним інструментом деталей, виготовлених зі сталі, не слід приймати швидкість різання меншою 45–50 м/хв.

8) розраховується сумарна потужність різання по всіх позиціях (для перевірки по потужності двигуна і міцності приводу), так само як і для одношпиндельних багаторізцевих напівавтоматів.

Встановивши режими різання шляхом розрахунку або по нормативних таблицях і графіках по кожній операції (переходу, позиції), визначають норму часу для її виконання і вказують розряд, що відповідає кваліфікації даної роботи.

Закінчивши розробку технологічного процесу по всім його елементах, необхідно переконатися в його техніко-економічній ефективності. Для цього користуються системою техніко-економічних показників, розглянутих далі.

Розглядаючи загальні принципи проектування технологічних процесів, необхідно з’ясувати значення типізації технологічних процесів, визначити її сутність і встановити можливість використання типових технологічних

процесів для досягнення найбільшої техніко-економічної ефективності виробництва.

8.7. Проектування технологічних процесів механічної обробки деталей

Для проектування технологічного процесу потрібні наступні вихідні дані:

1. Робоче креслення деталі та складальної одиниці, в яку вона входить, з більш докладними даними про форму і розміри деталі, зі вказуванням допусків, посадок і шорсткості поверхні.

2. Технічні вимоги на виготовлення деталі, які визначаються вимогами точності і якості обробки, а також можливі особливі вимоги (твердість, структура матеріалу, термічна обробка, балансування, підгонка по масі, гідравлічні досліди та ін.).

3. Програмне завдання і час, протягом якого повинна бути виконана програма випуску деталі.

4. Дані про обладнання або про можливості його придбання.

При проектуванні технологічних процесів для діючих або реконструйованих заводів повинні бути підготовлені дані про пристрої, які є, розміри виробничих площ і дані про інші місцеві промислові умови.

При розробці технологічних процесів використовуються типові технологічні процеси, довідкові і нормативні матеріали (каталоги і паспорта обладнання, альбоми пристосувань, стандарти і нормалі на різальні та вимірні інструменти, нормативи по точності, шорсткості поверхні, розрахунки припуску, режимами різання і технічне нормування, тарифно-кваліфікаційні довідники) та інші допоміжні матеріали.

Перед розробкою технологічного процесу повинен бути виконаний технологічний контроль, тобто робочі креслення повинні бути перевірені на безпечність даним про розміри деталей і їх елементів, матеріалів і їх властивості, допустимих відхиленнях форми і розміщення поверхонь та ін. Контролюється також відповідність конструкції деталей вимогами технологічності при виготовленні їх в умовах і при можливості даного виробництва. Технологічний контроль вимагає від технолога знань про службове призначення деталей і умов їх роботи в вузлах машин. Необхідні конструктивні зміни, які пов’язані з підвищенням технологічності конструкції деталі, вносяться в креслення тільки конструктором.

Після технологічного контролю виконується проектування технологічний процесів механічної обробки деталей машини. Всі деталі, які входять в програму цеха, класифікуються і групуються по конструктивно–технологічним ознакам. Виділяються деталі масового, серійного і дрібносерійного виробництва. Для кожної деталі встановлюється відповідна організаційна форма виробництва. Визначаються такт випуску і розмір партії, і встановлюється вид організації технологічного процесу (одиничний, типовий). Вибирається вид заготовки, який розраховується або призначаються припуски

на обробку і встановлюються розміри вихідної заготовки. Складається раціональна послідовність виконання технологічної операції – технологічний маршрут обробки. Підбирають верстати для виконання окремих операцій. Визначаються способи встановлення і закріплення заготовки і уточнюється у зв'язку з цим технологічний маршрут проведення операції. Вибираються пристрої і намічаються принципові схеми їх роботи. Формулюють завдання на проектування спеціальних пристосувань. Операції поділяються на технологічні і допоміжні переходи – визначають структуру операцій. Встановлюються міжопераційні припуски і допуски. Вибирається тип і розмір інструмента і розробляються ескізи конструкції і розміри спеціальних інструментів. Встановлюються режими різання для всіх технологічних переходів. Визначаються техніко-економічні показники технологічного процесу. Вибирається оптимальний варіант технологічного процесу з числа конкуруючих. Оформляється технологічна документація.

При розробленні технологічних процесів повинні бути уточнені можливості застосування швидкісних режимів різання, поточних методів обробки, групової наладки обладнання, багатоверстатного обслуговування, багато місних пристроїв і інших способів підвищення продуктивності праці.

Розробка маршрутної технології

Маршрутна технологія розробляється і оформляється з застосуванням маршрутних технологічних карт, в яких перераховується технологічні операції, проводяться дані про заготовки, необхідне обладнання, пристрої і спеціальні інструменти. Норми часу застосовуються приблизно по дослідно–статистичним даних (визначаються на основі досвіду або порівнянні). Маршрутна технологічна карта може бути представлено ескізом деталі, яка зображена в кінцевому обробленому вигляді.

Технологічний маршрут визначається послідовністю виконання операцій. Операції, які потребують зняття великих об'ємів металу – великих припусків, виконуються на початку обробки, чистові – в кінці.

Розділення операцій на чистові і чорнові, і виконання чорнових (обдирних) робіт на початку обробки пояснюються рядом причин. Після зняття великих шарів металу можуть бути виявлені скриті дефекти заготовки у вигляді раковин, тріщин, крихкості, твердих включень та ін. У результаті вилучення з заготовки великого шару металу, особливо поверхневого шару з литої поверхні, виникає перерозподіл внутрішніх напружень і наступне короблення заготовки. Для виявлення цих деформацій необхідний деякий проміжний час.

При чорновій обробці на заготовку діють значні сили різання, що призводять до гнучких деформацій деталі, її нагрівання і пластичних деформації поверхневого шару. При чистовій обробці короблення і пластичні деформації зазвичай незначні.

Поділ операцій на чистові і чорнові дозволяє спеціалізувати верстати і попереджувати завантаження високоточних верстатів обдирочними роботами, що подовжує час служби цих верстатів.

Першими виконуються операції з обробки основних базових поверхонь (опорний, установочних), які використовують в подальшому як опорно–установочні або вимірюючі бази. Спочатку проводять чорнові токарні, фрезерні і протяжні роботи, а потім свердління, зенкерування, розвертування і чистову обробку. Останніми ідуть фінішні операції, які забезпечують високу точність і малу шорсткість поверхні після термічної обробки деталі, якщо вона передбачена (тонке шліфування, хонінгування, супершліфування, доведення, притирання та ін.).

Розробка операційної технології

Операційна технологія розробляється в крупносерійному і масовому виробництвах і оформляються у вигляді операційних технологічних карт – для кожної операції заповняється окрема така карта. Вона має всі дані, які необхідні для реалізації приведеного їй технологічного процесу. Операційна технологія включає карти ескізів і схем, на яких заготовки зображені в такому вигляді, який вони приймають після виконання даної операції. Можуть бути приведені і ескізи обробки деталі за переходами. Спочатку розробляється технологічний маршрут обробки деталі, тобто послідовність виконання операцій і переміщення деталі верстатами, а потім для кожної операції встановлюється структура ТП даної операції, тобто порядок виконання переходів.

При розробці операційної технології є можливість найбільш доцільно врахувати всі особливості виконуваної операції, ретельно підготовити дані для застосування прогресивних методів обробки, різального та вимірного інструментів і технічно відокремити норми часу.

Конструкція, форми і геометрія різального інструмента визначається його призначенням, а матеріал різальної частини підбирається в залежності від матеріалу заготовки, режимів різання (потужність верстата), характеру виробництва і деяких інших факторів (багатоінструментальна оброба та ін.). При обробці м’яких сталей і кольорових сплавів можна користуватися різцями з швидкорізальної сталі. Обробка твердих і міцних сталей, стальних відливок, поковок і штамповок проводиться інструментами, які оснащені пластинками твердих сплавів марок Т5К10, Т15К6, Т30К4. При обробці відливок з сірого чавуну і бронзи застосовуються тверді сплави ВК8 і ВК6. Для чистової обробки загартованих чавунних гільз використовуються інструменти, які оснащені пластинками твердого сплаву марки ВК2 або ВК3М. Свердла, зенкери, розвертки і фрези виготовляються з швидко різальних сталей або кріпляться пластинками з твердого сплаву. Фрезерні головки для торцевого фрезерування, як правило, виготовляються з твердими пластинами.

Позначення різального інструменту на технологічних картах повинно мати інформацію, яка достатня для використання його у виробництві і плануванні, позначенням, як правильно вести інструментальне виробництво.

Вибір вимірного інструменту здійснюється з врахуванням розмірів і форм, квалітету точності і посадки. Конструкція інструменту повинна забезпечувати отримання розмірів з потрібними для креслення точністю. У серійному і масовому виробництвах повинні бути використані граничні

калібри. Спеціальний різальний і вимірюючий інструменти, установочні і контрольні пристрої записуються з показом номера креслення (умовно).

Технологічна документація

Технологічна документація служить основою для забезпечення технологічної дисципліни на виробництві. Вона повинна мати всі дані, які необхідні для реалізації розроблених ТП, які викладені в короткій формі, чітких і ясних, які не допускають розмежувань.

Технологічна документація регламентується системою стандартів ЄСТД (єдина система технологічної документації), яка є складовою частиною Єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ). ЄСТД – комплекс стандартів, які встановлюють порядок розроблення, комплектації і оформлення технологічної документації, яка розробляється і застосовується у виробництві всіма машинобудівними організаціями і підприємствами. У відповідності до ЄСТД технологічна документація поділяється на два види: попередній проект технологічного процесу і робочу технологічну документацію.

Попередній проект технологічного процесу розробляється при складанні ескізного або технічного проекту конструкції. Він призначений для перевірки технологічності конструкції виробу на стадіях ескізного і технічного проектів конструкторської документації, а також для підготовки і розробки робочої документації. Він містить: спеціальні технологічні процеси і їх перелік; типові ТП і їх перелік; технічні задачі на розроблення спеціального технологічного обладнання і оснащення і їх перелік; технологічні інструкції і їх перелік.

Робоча документація представляє собою сукупність документів (карт, відомств, інструкцій), які містять всі дані, що необхідні для виготовлення і контролю виробів.

Ступінь деталізації технологічного процесу і набір технологічних документів залежать від типу виробництва і особливостей тих конкретних умов, в яких здійснюються виготовлення машин. Нижче приведено зміст деяких технологічних документів.

Маршрутна карта містить опис ТП виготовлення і контролю деталі на всіх операціях в їх технологічній послідовності, включаючи всі види ТП (литво, ковка, штампова, механічна– і термообробка та ін.), що виконуються в різних цехах підприємств. У картах приводяться дані про обладнання, оснащення, спеціальності, кваліфікації робітників і норми часу на виконання операцій. Перелік технологічний операцій, які приведені в карті, утворюють технологічний маршрут виготовлення деталі. Операції нумеруються арабськими цифрами в порядку їх зростання. Операції, які виконані до механічної обробки, можуть нумеруватися окремо римськими цифрами. У залежності від типу і характеру виробництва застосовуються різні форми маршрутних карт.

Операційна карта розробляється на окрему операцію і містить всі дані, які необхідні для виконання роботи на цій операції. Операція поділяється на переходи, які записуються в наказовій формі (обточити, свердлити та ін.) і нумеруються арабськими цифрами. Карта містить дані про заготовку: матеріал,

маса, твердість і ін. У карті вказується обладнання (верстат), пристрої, різальний, вимірний і допоміжний інструменти і приводяться всі параметри режимів різання. У карту включаються також всі складові частини технічної норми часу, професія і розряд робочого, розцінка і норма виробітку.

Карта ескізів, яка містить ескізи, схеми і таблиці, які необхідні для виконання ТП, операції або переходів. У карті ескізів повинні бути вказані дані, які необхідні для виконання ТП (розміри, граничні відхилення, позначення шорсткості поверхонь, технічні вимоги та ін.). Оброблені поверхні деталі обводяться суцільною лінією товщиною від 2а до 3а (а – товщина лінії). На ескізах усі оброблені поверхні нумеруються арабськими цифрами. Номер поверхні проставляється в крузі діаметром 6–8 мм і з'єднується з розмірною лінією. При цьому розміри і граничні відхилення обробляючої поверхні в складі операції (переходу) не вказується, наприклад «обточити поверхню в розмір (1)». Нумерувати поверхні слід в напрямку руху годинникової стрілки.

Карта технологічного процесу механічної обробки містить опис процесу обробки деталі по всіх операціях, які виконуються в одному цеху, і їх технологічній послідовності. Проводяться дані про обладнання, оснащення, заготовки, розряд роботи і норма часу.

Технологічна інструкція містить опис специфічних прийомів роботи або методики контролю технологічного процесу, правила користування обладнанням і пристроями, а також опис фізико–хімічних процесів, які виникають при окремих операціях. Крім карт та інструкцій в число технологічних документацій входить ряд відомостей: відомість (перелік) оснащення, яка необхідна для виконання даного ТП; відомість матеріалів, які включають дані про заготовку, норми розходів матеріалу; відомість технологічних документів, які визначають склад і комплектність документів, та ін.

8.8. Типізація технологічних процесів і групові наладки

Для обробки однієї і тієї ж деталі можна побудувати різні варіанти технологічного процесу і застосувати різні методи обробки. Це залежить насамперед від розмірів виробничої програми і виробничих умов. Але навіть при однакових виробничих умовах і програмах технологічні процеси часто відрізняються один від іншого, і поставлені задачі вирішуються по–різному в залежності від сталих прийомів і досвіду технічного персоналу. До того ж методи обробки деталей різноманітні й залежать не тільки від вищевказаних, але і від багатьох інших факторів. Усі ці обставини і створюють труднощі та складність розробки технологічних процесів, що вимагають великої витрати часу. Значно спростити і прискорити розробку технологічних процесів може типізація технологічних процесів, під якою розуміється створення типових процесів для визначених груп деталей.

Типізацією технологічних процесів називається такий напрям в справі вивчення і побудови технологічних процесів, який полягає в класифікації

деталей машин і в комплексному вирішенні задач, що виникають при здійсненні процесів обробки деталей кожної класифікаційної групи.

Таким чином, типізація технологічних процесів базується на класифікації деталей. Деталі машин підрозділяються на класи за ознакою подібності технологічних процесів. Під класом розуміють сукупність деталей, що характеризуються спільністю технологічних задач, розв'язуваних в умовах визначеної конфігурації цих деталей.

Деталі можуть бути розбиті на наступні класи (у дужках – шифр класу):

Циліндричні деталі обертання.

Клас – Втулки (А). Сюди відносяться втулки, вкладиші, букси, гільзи та ін.

Клас – Вали (В). Сюди входять вали, валики, осі, штоки, цапфи, пальці, штирі та ін.

Плоскі деталі обертання.

Клас – Диски (Д). Цей клас включає диски, кільця, маховики, шківи, фланці та ін.

Багатовісні деталі.

Клас – Ексцентричні деталі (Е). До цього класу відносяться колінчаті вали, ексцентрики та ін.

Деталі обертання з пересічними осями.

Клас – Хрестовини (Х). Сюди входять хрестовини, арматура та ін.

Важелі.

Клас – Важелі (В). Сюди відносяться важелі, шатуни, тяги та ін.

Площинні деталі.

Клас – Плити (П). У цей клас включаються плити, рами станини, столи, полозки, планки та ін.

Також розрізняють наступні класи:

Стійки (С). Кутники (К). Бабки (Б). Зубчасті колеса (З).Фасонні кулачки (Ф). Ходові гвинти і черв'яки (Х). Дрібні кріпильні деталі (ДК).

Деталі кожного класу розбивають на групи, підгрупи і типи відповідно до найбільш характерних відмінностей форми і розмірів, одержуючи, таким чином, сукупності деталей, все більш близьких між собою й все більш подібних за технологічними ознаками, тобто, тих, що є типовими. Для обробки таких типових деталей і розробляють типові технологічні процеси.

Під типовою деталлю мають на увазі сукупність деталей, що мають однаковий план операції, здійснюваний в основному однаковими методами з використанням однорідного устаткування, пристосувань, інструментів. У цій технологічній подібності і полягає сутність типізації технологічних процесів.

Типізація технологічних процесів дозволяє узагальнити і привести в систему існуючі технологічні процеси, допомагає впровадженню раціональних методів обробки, скорочує час підготовки виробництва і прискорює освоєння нових машин, дає можливість використовувати уніфіковане технологічне оснащення і потокові методи виробництва, спрощує і прискорює розробку нових технологічних процесів та ін.

У серійному виробництві при організації роботи за принципом потоку часто виявляється важко цілком завантажити верстати виконанням однієї технологічної операції обробки деталей одного найменування. У зв'язку з цим підбираються деталі декількох найменувань, подібні за конструктивними і технологічним ознакам, що можуть оброблятися на одній верстатній лінії з устаткуванням, розташованим по типовому технологічному маршруті. Усі закріплені до даної лінії деталі обробляються партіями. Після обробки партії деталей одного найменування пропускається наступна партія деталей іншого найменування; далі по черзі обробляються партії деталей третього, четвертого та ін. найменувань. При обробці кожної партії верстатна лінія працює, як безперервно–потокова лінія, тобто, створюється перемінно–потокова або групова потокова форма організації роботи. Для таких ліній варто підбирати деталі, обробка яких зовсім не вимагає переналагодження лінії або переналагодження нескладні та нетрудомісткі.

У груповій потоковій лінії можуть оброблятися деталі, подібні за технологією, декількох найменувань, що визначаються ступінню необхідних переналагоджень і можливістю завантаження верстатів. На одному верстатобудівному заводі на таких лініях обробляють деталі п'яти–шести найменувань, і цим досягається повне завантаження верстатів.

Перемінно–потокові (групові потокові) лінії можуть бути автоматизовані. У цьому випадку виходять автоматичні переналагоджувальні лінії

В тих випадках, коли для груп деталей, що мають подібний технологічний процес по основних операціях, вимагається однакове устаткування і технологічне оснащення, але їхня обробка на групових потокових лініях нераціональна через малу серійність, доцільніше обробляти ці деталі за типовим технологічним процесом, як і для перемінно–потокових ліній, використовуючи групові наладки, тобто нормалізовані пристосування і інструментальні наладки для груп деталей, що підвищує рівень оснащеності технологічного процесу і знижує трудомісткість, а отже, і собівартість обробки деталей.

Інструментальні налагодження, використовувані для обробки груп деталей (групові налагодження), можна застосовувати як для окремих верстатів різних типів, так і для верстатів потокових ліній.

Групові налагодження розширюють можливості використання високопродуктивних технологічних методів у серійному виробництві деталей, можливості досягнення більш високого завантаження верстатів і скорочують або виключають час на переналагодження. Групові налагодження варіюються для різних верстатів у залежності від сполучень оброблюваних поверхонь (зовнішніх, внутрішніх, торцевих), їхніх розмірів і розташування. Так, наприклад, у групових наладках токарно–револьверних верстатів частина позицій револьверної головки і супорта для кріплення інструмента використовується для обробки деталей одного найменування, інша частина позицій – для обробки деталей іншого найменування; деякі позиції можуть бути використані для обробки деталей декількох найменувань. Аналогічно можна

використовувати групові налагодження для обробки на токарно–карусельних верстатах.

При груповому налагодженні для обробки плоских поверхонь на фрезерних верстатах деталі розміщаються в груповому пристосуванні так, щоб оброблювані поверхні були розташовані в одній площині. При цьому обробка деталей можлива й одночасна, і роздільна. Групове налагодження може бути застосоване і при використанні багатошпиндельних свердлильних головок на звичайних свердлильних верстатах. Частину шпинделів можна використовувати при свердлінні отворів одних деталей, іншу частину шпинделів – для свердління отворів інших деталей; можливо і використання всіх шпинделів для свердлення отворів декількох деталей. Загалом групові налагодження створюють сприятливі умови для здійснення групових технологічних процесів.

8.9. Послідовність та зміст операцій складання

Складання машин – це заключна стадія виробництва машин. Трудомісткість складальних робіт досягає 20–50% загальної трудомісткості виготовлення машин. Від якості складання залежать експлуатаційні показники виробу, його надійність, працездатність і довговічність.

Складальне виробництво характеризується складністю і різноманітністю операцій, що виконуються, високою трудомісткістю та вартістю. Для зменшення ручної праці дуже важливо автоматизувати складальні роботи, а це можливо або за допомогою спеціальних складальних машин, або за допомогою промислових роботів.

Складання є послідовним сполученням деталей у складальні одиниці, механізми і машини. Виріб, залежно від його складності, може бути розчленований на кілька складальних одиниць. *Будь–який процес складання містить такі стадії*:

- підгонка і обробка деталей у складальні одиниці (характерна, як правило, для одиничного і дрібносерійного виробництва).
- попереднє складання – з’єднання окремих деталей у прості складальні одиниці і агрегати (механізми).
- загальне складання.
- регулювання та випробування виробу.

Технологічний процес складання розробляють для кожної стадії і оформляють у вигляді технологічних карт, схем, які є основною технологічною документацією.

При проектуванні технологічних процесів складання використовують креслення виробу, специфікацію деталей, технічні вимоги до готового виробу, обсяг виробничого завдання, терміни та умови виконання складальних робіт. Потім намічають основні етапи проектування складального процесу.

Залежно від обсягу випуску продукції застосовують складання *стаціонарне та рухоме*.

При стаціонарному складанні виріб повністю складається на одному місці (посту), до якого подаються всі деталі і складальні одиниці, виконує його одна бригада робітників. Цей метод використовується в одиничному та малосерійному виробництвах.

При рухомому складанні виріб, що складається, послідовно перемішується по робочих місцях, на яких виконуються певні складальні операції. Таке складання застосовується п масовому та багатосерійному виробництвах. Рухоме складання є поточним, тому поділяється на операції, що потребують однакового часу для їх виконання, що відповідає такту складання. При цьому переміщення виробу (рух конвеєра) може бути безперервним або періодичним. При безперервному складанні операції виконуються в процесі руху конвеєра, швидкість якого повинна забезпечувати виконання складальної операції на даному робочому місці і відповідати такту складання. При періодичному переміщенні складальна операція виконується під час зупинки конвеєра.

Умовами рухомого складання є повна взаємозамінність деталей, вузлів, необхідна кількість робітників, деталей, інструментів на місці праці. *Взаємозамінністю* називають властивість однакових деталей, вузлів, агрегатів або інших складових машин, механізмів, обладнання та конструкцій заміняти один одного без будь-якої найменшої доробки, підбору або регулювання.

Важливим завданням складання є механізація операцій та автоматизація всього складального процесу. Автоматичні складальні лінії використовують на автомобільних заводах, підприємствах радіотехнічної промисловості, точної механіки, сільськогосподарського машинобудування тощо.

Після вивчення конструкції автомобіля, виявлення в ній взаємозв’язків складальних одиниць і деталей, встановлення методів потрібної точності та коректування розмірів і допусків у кресленнях розробляють послідовність складання. Послідовність загального складання машини визначається її конструктивними особливостями і закладеними в конструкції методами досягнення точності замикаючих ланок. Меншою мірою на послідовність складання впливає організація складального процесу.

Розробляючи послідовність складання машини слід враховувати, що контролем деталей, які поступають в цех для складання – є такі стадії: ручна слюсарна обробка і припасування (застосовується в одиничному і малосерійному виробництвах); попереднє складання (з’єднання деталей в окремі складальні одиниці); загальне чи остаточне складання (складання всієї машини); регулювання (вивірення правильності взаємного положення і взаємодії всіх елементів машини); випробування машини. На загальне складання повинні подаватися попередньо скомплектовані одиниці та в якомога меншій кількості окремі деталі. Загальне складання повинне бути максимально звільненим від виконання дрібних складальних з’єднань і різних допоміжних робіт. Рекомендації щодо послідовності складання:

1) за кресленням машини та специфікаціями, що додаються до них, слід виявити всі складальні одиниці і окремо деталі, що входять до складу машини; виділення того чи іншого з’єднання в складальній одиниці повинно бути

можливим і доцільним як у конструктивному, так і в технологічному відношенні;

2) загальне складання машини чи складальної одиниці треба починати з установлення на складальному стенді чи конвеєрі основної базової деталі; у ряді випадків роль базової деталі може виконувати менш складна складальна одиниця, яка входить до складу машини й попередньо була складена;

3) насамперед необхідно монтувати складальні одиниці та деталі, які виконують найбільш відповідальні функції у роботі машини; вони не повинні заважати встановленню наступних деталей і складальних одиниць;

4) при наявності в машині паралельно зв'язаних розмірних ланцюгів складання слід починати з установлення тих складальних одиниць і деталей, розміри чи відносні повороти поверхонь яких є спільними ланками. Якщо при складанні необхідно частково демонтувати раніше встановлені деталі або складальні одиниці, то це треба відобразити на схемі складання.

Розробляючи порядок і зміст складальних операцій слід з'ясувати: чи можна дану операцію поєднати з іншою або з декількома іншими; чи можлива більш раціональна послідовність операцій; чи можна дану технологічну операцію поєднати з контрольною; чи можна спростити складну операцію, виділивши її частину в самостійну операцію; чи треба дану операцію, що потребує припасовувальних робіт, виконувати в складальному цеху чи краще її перенести в обробний цех і цим скоротити витрати на її складання.

При складанні виникає необхідність систематично перевіряти якість машини, яка складається, та її складальних одиниць. Це слід робити щоразу, коли потрібної точності в тих чи інших розмірних і кінематичних ланцюгах досягають регулюванням, і, особливо, припасовуванням. Необхідність перевірки відповідності зібраних складальних одиниць їх службовому призначенню часто виникає і тоді, коли для досягнення потрібної їх якості використовують інші методи взаємозамінності, оскільки при складанні виникає ряд похибок, пов'язаних з впливом пружних деформацій, зміною баз, тощо. Розроблення послідовності складання значно полегшує наявність зразка виробу. В цьому разі можна розібрати виріб, складаючи докладний план розбирання, і прийняти зворотну послідовність виконання операцій.

Прийняту послідовність складання виконують у вигляді технологічної схеми, що є основою для проектування технологічного процесу. Схему складають у кількох варіантах, які відрізняються структурою й послідовністю виконання операцій. Кількість варіантів тим більша, чим складніший виріб, який складається. При виборі оптимального варіанту необхідно прагнути до зменшення кількості робітників, трудомісткості та собівартості складальних процесів. Це завдання при різних обмежуючих умовах може бути вирішене на ЕОМ із використанням математичних або інших алгоритмів. Його вирішення пов'язане з визначенням змісту складальних операцій, які поділяються на підготовчі, складальні та допоміжні.

Найбільш типовими підготовчими складальними операціями є: обпилювання й зачищування, притирання, полірування, шабрування, свердління, розвертування, торцювання, згинання, миття та ін. До складальних операцій належать: зварювання, паяння, склепування, запресування, кріплення деталей, складання деталей нерухомих і роз'ємних з'єднань, складання деталей

обертових, які передають рух, тощо. До допоміжних операцій належать: балансування, зважування та ін.

Невід'ємним елементом при формуванні складальних операцій є нормування. При потоковому складанні для забезпечення ритмічності та найповнішого використання робочого часу на всіх робочих місцях слід добиватися синхронності всіх операцій, тобто щоб час, який витрачається на кожну з них, був приблизно однаковим або кратним такту. Досягають цього відповідним добиранням робіт або додатковим поділом операцій; поєднанням операцій; прискоренням виконання операцій за рахунок застосування високопродуктивного оснащення, а також іншими методами раціоналізації. Таким чином, паралельно з установленням норм часу й уточненням структури та змісту кожної операції встановлюють спосіб її виконання, добирають обладнання, пристрої та інструменти. При розробці операцій технологічного процесу необхідно керуватись системою стандартів безпеки праці (ССБП).

Останньою стадією складання машин є контроль і випробування виробів. Окремі вузли проходять контроль у процесі складання. Проводять вибірковий або суцільний (обов'язковий) контроль. Обов'язковому контролю підлягають відповідальні вузли.

Випробування машин і механізмів є перевіркою параметрів, які отримала машина в процесі виготовлення. З метою перевірки роботи механізмів проводять випробування без навантаження. Для перевірки роботи машини в умовах експлуатацій проводять випробування з навантаженням. Машини спеціального призначення або дослідні зразки випробовують на продуктивність.

На основі результатів випробувань роблять висновки про якість виробу і виписують паспорт.

Характеристика з'єднань деталей і способи їх виготовлення

При складанні машин основним видом робіт є виконання різноманітних з'єднань деталей. Складання двох чи декількох деталей може передбачати їх нерухоме чи рухоме з'єднання. При нерухомому з'єднанні зібрані деталі зберігають незмінне взаємне положення. При рухомому з'єднанні спряжені деталі можуть взаємно переміщуватись. Нерухомі з'єднання можуть бути нерозбірними або розбірними. Нерухомі нерозбірні з'єднання здійснюються зварюванням (електричним чи газовим), пайкою, склепуванням, пресовими посадками. Склепування (крім малопродуктивного ручного способу) здійснюють пневматичними і електричними молотками, електромеханічними і гідравлічними підвісними і стаціонарними клепальними машинами. Останні є найбільш продуктивними, до того ж при їх роботі відсутні ті негативні умови роботи, які здійснюються при інших способах клепання (шум, напруження, втома робітників та ін.).

Нерухомі з'єднання, в тому числі і пресові, можуть здійснюватись шляхом запресовування чи напресовування деталі. В обох випадках застосовують механічні, пневматичні і гідравлічні преси. Силу, необхідну для здійснення посадки, визначають шляхом розрахунку.

Деякі нерухомі посадки можуть бути виконані нагрівом охоплюючої деталі (переважно для деталей типу втулок більших діаметрів і малої довжини). З'єднувану деталь можна нагрівати в киплячій воді, нагрітому маслі, газовими горілками, в газових і електричних нагріваючих печах, а також електричним струмом. В тих випадках, коли необхідно дотримуватись рівномірності нагріву, доцільно використовувати нагрів у рідині (воді, маслі).

Якщо за промисловими умовами нагрівання охоплюючої деталі недопустиме чи ускладнене, то з'єднання можна виконувати шляхом охолодження охоплюваної деталі. Цей спосіб використовують головним чином для посадки підшипників кочення в корпусні деталі.

Найбільш часто в машинах застосовують нерухомі розбірні з'єднання (болтами, гвинтами, шпильками). Якісне їх виконання й досягнення високої продуктивності праці забезпечують застосуванням раціональних інструментів. Рухомі з'єднання здійснюють при рухомих посадках: ковзання, руху, ходової, легкоходової, широкоходової, а також при з'єднанні шарових, конічних і гвинтових поверхонь. Ці з'єднання виконують без застосування будь-яких пристосувань та інструментів. Для особливо відповідальних рухомих з'єднань при складанні застосовують пружинні динамометри з метою перевірки легкості переміщення з'єднуваних деталей.

8.10. Проектування технологічних процесів складання

Складання є заключним етапом виробничого процесу в машинобудуванні. Його трудомісткість складає 22–36% загальної трудомісткості виготовлення виробів. При великому об'ємі пригоночних робіт воно сягає 40–55%. Якість готових машин головним чином залежить від технології їх складання. Вихідними даними для проектування технологічних процесів складання є складальне креслення, що визначає конструкцію виробу; технічні умови приймання виробу; об'єм випуску виробів; запланований інтервал часу випуску виробів та інші.

Ступінь поглиблення розроблення процесу складання залежить від об'єму випуску виробів. При великих об'ємах технологічний процес складання розробляють детально і з можливо повною диференціалізацією; при незначному об'ємі випуску обмежуються скороченим розробленням.

Основні положення складальних процесів

Виробом називається любий предмет чи набір предметів виробництва, що підлягають виготовленню на підприємстві. Згідно ДСТУ 3321–96 встановлюються наступні види виробів: деталі; складальні одиниці; комплекси; комплекти.

Деталь є виробом, виготовленим з однорідного матеріалу, без застосування складальних операцій, наприклад: валок, гвинт, литий корпус тощо.

Складальною одиницею (вузлом) називається виріб, складові частини якого підлягають з'єднанню між собою на підприємстві-виготовлювачі,

складальними операціями (згвинчуванням, склепуванням, зварювання, паянням, запресовуванням, зшиванням, розвальцьовуванням та ін.)

Комплекс називається дві та більше складальні одиниці, що з'єднані між собою на заводі, виготовлені складальними операціями та призначені для виконання взаємопов'язаних експлуатаційних функцій. В комплекс, крім виробів, що виконують основні функції, можуть входити деталі, складальні одиниці і комплекси, призначені для виконання допоміжних функцій, наприклад, деталі й складальні одиниці, призначені для монтажу комплексу на місці його експлуатації.

Комплект являє собою двоє і більше виробів, не з'єднаних на підприємстві–виготовлювачі складальними операціями, який представляє набір виробів, що мають загальне експлуатаційне призначення допоміжного характеру, комплект запасних частин, комплект інструменту і т.п.

До складу технічних характеристик виробу повинні входити показники його ремонтної придатності. *Основні показники ремонтопридатності виробу*:

1) характеристика умов експлуатації та ремонту;

2) умови виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту, в тому числі кваліфікація і склад персоналу, який експлуатує і ремонтує вироби;

3) система матеріально–технічного забезпечення експлуатації та ремонту;

4) середня трудомісткість ремонту і технічного обслуговування;

5) обмеження номенклатури спеціального інструменту і пристроїв при технічному обслуговуванні та ремонті;

6) обмеження типорозмірів кріпильних деталей;

7) широке використання стандартизованих і уніфікованих частин виробу;

8) вимоги до раціональних методів і засобів контролю технічного стану виробу в процесі експлуатації та ремонту;

9) вимоги до доступності, легкозмінності та взаємозамінності деталей, складальних одиниць і комплексів при технічному обслуговуванні та ремонті;

10) вимоги до виконання регулювально–доводочних робіт в процесі технічного обслуговування і ремонту;

11) вимоги до конструкції зношуваних деталей стосовно відновлення виробу до початкових розмірів із застосуванням прогресивної технології відновлюваних робіт.

Вихідні дані для проектування технологічного процесу складання

Складання – це утворення роз'ємних чи нероз'ємних з'єднань складових частин заготовки чи виробу. *Вузлове складання* – це складання, об'єктом якого є складова частина виробу. *Загальне складання* – складання, об'єктом якого є виріб в цілому. *Складальний комплект* – група складових частин виробу, які необхідно подати на робоче місце для складання виробу чи його складової частини.

Складальні роботи є заключним етапом у виробничому процесі, що передбачає отримання готових виробів шляхом з'єднання окремих деталей. Якість виконання складальних робіт значно впливає на експлуатаційні якості складеної машини, на її надійність і довговічність. При достатньо точно

виготовлених окремих деталях, але при недостатньо ретельному й правильному з'єднанні їх, зібраний виріб не може володіти необхідними експлуатаційними якостями і працювати надійно.

Складальні роботи виконують в складальних цехах і цехах заводу. Місце і організація виконання складальних робіт визначає характер виробів, що випускаються, технологічний процес, об'єм виробництва. При одиничному, дрібносерійному та серійному виробництвах вузлове і загальне складання проводять в складальних цехах чи складальних відділеннях механоскладальних цехів. При великосерійному і масовому виробництвах вузлове складання виробів проводять в кінці потокових ліній чи у відділах механічного цеху, в яких обробляють заготовки. В цьому випадку загальне складання машини виконують в складальному цеху. *Основою для проектування технологічного процесу складання є:*

1) креслення складальні, загальних видів складальних одиниць та виробів;

2) технічні умови на виготовлення, прийом і випробування складальних одиниць і виробів;

3) виробнича програма випуску;

4) специфікація складальних одиниць і деталей, що поступають на складання.

Складальне креслення повинно містити необхідні проекції та розрізи; специфікацію елементів виробу; розміри, що витримуються при складанні, натяги й зазори в спряженнях; дані про масу виробу.

Технічні умови повинні містити дані про точність складання, необхідну якість спряжень, їх геометричність, щільність та жорсткість стику, про моменти затягування різьбових з'єднань і допустимі коливання цих моментів, про натяги та зазори в з'єднаннях, про необхідну точність балансування частин, що обертаються та інші відомості в залежності від призначення деталі. В технічних умовах допускають вказівки технологічного характеру про методи виконання з'єднань, бажаної послідовності складання, методи проміжного та кінцевого контролю виробів. Помічені в складальних кресленнях і технічних умовах недоліки та помилки виправляють у конструкторському бюро. Одночасно з аналізом конструкції виробу складають можливі пропозиції щодо його конструктивних змін, що спрощують складання. Ці зміни не повинні порушувати конструкцію виробу в цілому та негативно впливати на його службове призначення.

Технологічний контроль складальних креслень здійснюють із ціллю перевірки, чи вони містять всі необхідні для процесу складання відомості, що забезпечують правильність його проведення.

Розмірні ланцюги

Вибір допусків та посадок, що визначають положення деталей і складальних одиниць відносно один одного, залежить від багатьох факторів – конструктивних, технологічних і експлуатаційних. Точність взаємного розміщення окремих деталей у машині досягається на основі теорії розмірних ланцюгів. *Розмірним ланцюгом* називається замкнутий ланцюг взаємно

пов’язаних розмірів, розміщених в певній послідовності, що визначають взаємне положення поверхонь і осей двох чи декількох деталей. Розмірний ланцюг складається з окремих розмірів, які називаються ланками розмірного ланцюга. Усі ланки розмірного ланцюга позначаються літерами українського алфавіту з цифровим індексом, що показує порядковий номер ланки ($A_1, A_2, A_3, Б_1, Б_2, Б_3$ та ін.), і поділяють на вихідну й замикаючу ланку та складові ланки. Вихідною називається така ланка, по номінальному розміру і допуску якої розраховують величини номінальних розмірів і допуски всіх інших ланок розмірного ланцюга. Замикаючою називається така ланка, яка при побудові і розрахунку розмірного ланцюга виходить останньою при відомих розмірах і допусках усіх інших ланок ланцюга. Вихідна чи замикаюча ланка на відміну від інших ланок позначається індексом Δ із відповідною буквою українського алфавіту A_Δ, B_Δ та ін. Усі ланки розмірного ланцюга, з розмірів яких визначають вихідну чи замикаючу ланку, називають складовими. Складові ланки поділяють на збільшувальні, із зростанням яких зменшується замикаюча ланка, і зменшувальні, із зростанням яких замикаюча ланка зменшується.

В залежності від числа розмірів, що входять у розмірний ланцюг, розмірні ланцюги можуть бути простими й складними (багатоланковими). Багатоланкові ланцюги для спрощення можуть бути приведені до більш простих розмірних ланцюгів, що містять менше число ланок шляхом сумування декількох розмірів в один, тобто заміни декількох ланок однією. Для наочності й спрощення розмірні ланцюги інколи зображують у вигляді схем. При побудові розмірних ланцюгів зазори розглядають як самостійні ланки ланцюга.

Основна властивість розмірних ланцюгів полягає в їх замкнутості, що визначається наявністю двох гілок. Першу гілку розмірного ланцюга, з якої починається її побудова і в яку входять збільшувані ланки, називають основною; другу вітку, в яку входять зменшуючі ланки і замикаюча ланка, називають замикаючою. Номінальний розмір замикаючої ланки розмірного ланцюга повинен бути рівний алгебраїчній сумі номінальних розмірів усіх складових ланок даного ланцюга.

Між розмірними ланцюгами можуть бути три види зв’язку: паралельний, послідовний, комбінований. При паралельному виді зв’язку декілька розмірних ланцюгів мають одну чи декілька спільних ланок (рис. 8.5). Послідовний вид зв’язку передбачає побудову кожного наступного ланцюга від бази, отриманої від побудови попереднього розмірного ланцюга (рис. 8.6). При комбінованому виді в конструкції мають місце обидва попередніх види зв’язку – паралельний і послідовний.

Для досягнення необхідної точності мають велике значення ланки розмірних ланцюгів, які є загальними в декількох ланцюгах. Ці загальні ланки слід приймати в якості основних і з них необхідно починати побудову розмірних ланцюгів. Так як при обробці заготовок їх розміри відхиляються від номінального значення внаслідок похибок обробки, що викликаються впливом різних факторів, то окрім рівності, що пов’язує номінальні розміри ланок,

необхідно дотримуватись наступних рівностей, що пов'язують похибки і допуски на розміри деталей.

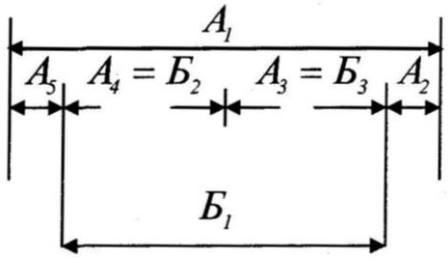


Рисунок 8.5 − Схема розмірних ланцюгів при паралельному виді зв'язку

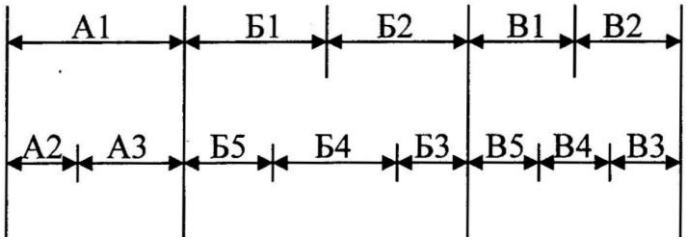


Рисунок 8.6 − Схема розмірних ланцюгів при послідовному виді зв'язку

Похибка розміру замикаючої ланки розмірного ланцюга рівна сумі похибок усіх складових ланок:

$$\omega_{\Delta} = \omega_1 + \omega_2 + \ldots + \omega_{m-1} = \sum_{i=1}^{i=m-1} \omega_i , \qquad (8.45)$$

де ω_i – похибка і–тої ланки розмірного ланцюга; m – загальне число ланок розмірного ланцюга (включаючи замикаючу ланку).

Цим рівнянням користуються для розрахунку можливої величини замикаючої ланки (наприклад, зазору), коли відомі похибки обробки окремих деталей, розміри яких входять у розмірний ланцюг.

Допуск замикаючої ланки розмірного ланцюга рівний сумі допусків усіх складових ланок:

$$\delta_{\Delta} = \delta_1 + \delta_2 + \ldots + \delta_{m-1} = \sum_{i=1}^{i=m-1} \delta_i . \qquad (8.46)$$

Цим рівнянням користуються для призначення допусків на розміри деталей, що входять у розмірний ланцюг, якщо задана величина замикаючої ланки (наприклад, зазору).

Якщо відомий допуск замикаючої ланки, а допуски складових ланок невідомі, то в цьому випадку вважають, що всі складові ланки в рівній мірі впливають на величину допуску замикаючої ланки і, відповідно, величини їх допусків можуть бути рівні. При цій умові середня величина допуску буде:

$$\delta_{ср} = \frac{\delta_{\Delta}}{m-1} . \qquad (8.47)$$

Якщо величина $\delta_{ср}$ отримується економічно прийнятною у виробничих умовах, її коректують для кожної із складових ланок розмірного ланцюга.

Після коректування величини допусків, встановлених для всіх складових ланок, повинні задовольняти рівність:

$$\delta_{ср} = \sum_{i=1}^{i=m-1} . \qquad (8.48)$$

З вказаних рівнянь випливає, що точність з'єднання деталей і координування поверхонь чи осей досягається більшою мірою короткими розмірними ланцюгами, тобто ланцюгами, що складаються з найменшого числа ланок.

Досягнення заданої точності замикаючої ланки розмірного ланцюга при складанні машини може бути здійснено методами:

1) повної взаємозамінності;
2) неповної взаємозамінності;
3) групової взаємозамінності (селективне складання);
4) підгонки (виготовлення «по місцю»);
5) регулювання (застосування рухомих і нерухомих компенсаторів).

Метод повної взаємозамінності полягає в тому, що всі деталі, розміри якої складають розмірний ланцюг, без будь-якого підбору чи підгонки забезпечують досягнення заданої точності замикаючих ланок усіх розмірних ланцюгів. Цей спосіб є найбільш прогресивним і в той же час простим і економічним для технологічного процесу складання машин. Він дозволяє організувати процес складання за принципом потоку, виготовляти запасні деталі і запасні складальні одиниці, агрегати на основі кооперування спеціалізованих заводів, що випускають окремі деталі і складальні одиниці для тих чи інших машин. Цей метод використовують у масовому і великосерійному виробництві та є найбільш дорогим.

Метод неповної взаємозамінності полягає в тому, що, використовуючи деякі положення теорії ймовірності, допуски на розміри деталей, що складають розмірний ланцюг, розширюють, ідучи на ризик отримання деякого відносно невеликого відсотка складених складальних одиниць, в яких допуск замикаючої ланки вийде за межі допустимої за технічними умовами величини. Цей метод забезпечує значний економічний ефект для обробки різанням, бо завдяки розширенню допусків на окремі деталі, обробка їх спрощується й обходиться дешевше. Складальні одиниці, що виявились непридатними за технічними умовами, не є браком, а підлягають розбиранню на окремі деталі, які потім поступають знову на складання.

Метод групової взаємозамінності полягає в тому, що деталі, розміри яких входять у розмірний ланцюг, сортують за розмірами на декілька груп в межах полів допусків. Такий метод дозволяє при порівняно невеликій точності деталей досягнути підвищеної точності замикаючої ланки, бо його необхідний допуск досягається шляхом складання деталей, що входять в одну групу сортування; таке складання називається селективним. Цей метод застосовують у серійному та масовому виробництві. Таким методом на автомобільних

заводах складають поршні з циліндрами двигунів, поршневі пальці з поршнями, сортуючи їх на три – п’ять груп.

Метод підгонки чи виготовлення «по місцю» полягає в тому, що необхідна точність замикаючої ланки досягається шляхом зміни розміру однієї з ланок зняттям стружки – підрізанням, підгонкою, шабруванням та ін. Цей метод вимагає значних затрат ручної праці висококваліфікованих робітників – складальників і є неекономічним для складального цеху; при недостатній кваліфікації виконавців понижується якість складеного механізму чи машини. Його застосовують при дрібносерійному й одиничному виробництві для точного виготовлення деталей, що входять у ланцюги з великим числом ланок.

Метод регулювання полягає в тому, що необхідна точність замикаючої ланки досягається зміною розміру однієї із ланок розмірного ланцюга без зняття стружки; розмір змінюють переміщенням деталі, положення якої визначає розмір даної ланки, чи введенням додаткової деталі, яку попередньо виготовляють із різними відхиленнями від номіналу (звичайно декілька сотих). У першому випадку деталь, що переміщується, називається рухомим компенсатором, у другому випадку – додаткова деталь називається нерухомим компенсатором. В якості додаткових деталей використовують прокладки, вставні кільця, втулки та ін.

Рухомі компенсатори дозволяють отримати високу точність розмірного ланцюга, підтримувати цю точність розмірного ланцюга при експлуатації, коли розміри окремих ланок внаслідок зношення змінюються; при рухомих компенсаторах зникає необхідність у підгоночних роботах; робітнику приходиться тільки регулювати положення рухомого компенсатора, контролюючи величину замикаючої ланки вимірювальними інструментами. У випадку нерухомого компенсатора робітник спочатку вимірює величину замикаючої ланки, а потім підбирає з наявного комплекту потрібний за розміром нерухомий компенсатор. Таким чином, метод регулювання є економічним способом досягнення високої точності розмірних ланцюгів.

Технологічна документація процесу складання. Технологічний процес складання оформляється у вигляді маршрутних і операційних карт, які є основними розрахунковими документами. Форми карт, що застосовуються, мають різний вигляд, але їх загальна структура на більшості заводів приблизно однакова. Для кожної стадії складання розробляють комплект технологічних карт. Карти повинні містити назву машини, річний об’єм випуску машин, число машин в партії, назву і опис операції і переходу для кожної стадії складання, вказування робочого місця, на якому проводять складання, перелік необхідних пристроїв, інструментів, транспортних засобів; час на виконання окремих операцій, загальний час виконання окремої операції, розряду роботи. В деяких випадках в картах розміщують ескізи, що ілюструють складальні операції, пристрої, способи закріплення тросу чи ланцюга для підіймання і повороту виробу.

При проектуванні складальних технологічних процесів (особливо одиничного, дрібносерійного і серійного виробництв) нормування складальних робіт звичайно виконують по практичних даних передових заводів, що

випускають аналогічні вироби, причому ці дані коректують з врахуванням застосування більш досконалих технологічних методів і покращення організаційних форм виробництва. Більш точні норми часу на складальні роботи визначають на основі детальних розрахунків по окремих переходах і засобах. Використання нормативних матеріалів полегшує й прискорює нормування складальних робіт.

Форми організації складальних робіт. Стаціонарне складання може бути розділене на потокове і непотокове. При стаціонарному потоковому складанні кожен із робітників або кожна бригада, виконує відповідно одну або кілька операцій, переходячи послідовно від одного складального місця до другого. Цю форму використовують при серійному складанні великих важких машин (стаціонарних дизелів, великих насосів і компресорів, поліграфічних машин і ін.).Таке складання слід використовувати в двох випадках: коли економічно недоцільне виготовлення спеціальних транспортуючих пристроїв і коли в процесі транспортування можливе порушення точності складання.

Рухоме складання може здійснюватись вільним або примусовим переміщенням об’єкту, що підлягає складанню. При вільному переміщенні цей об’єкт транспортують вручну по верстаку, рольгангу або на візку. При примусовому переміщенні об’єкт, що складається, переміщується конвеєром. Для складання середніх і малих виробів застосовують горизонтально– і вертикально–замкнуті конвеєри. Вертикально–замкнуті конвеєри застосовують в тих випадках, коли початковий пункт складання виробу знаходиться в одному кінці конвеєра, а кінцевий пункт складання в іншому, а горизонтально–замкнуті конвеєри – коли початкові і кінцеві пункти складання знаходяться один коло одного і конвеєр повинен обслуговувати велику кількість робочих місць, розташування яких по одній прямій вимагало б виробничого приміщення дуже великої довжини. Неперервний рух конвеєрів рухається із швидкістю 0,25–5 м/хв., а конвеєри з періодичним рухом переміщують вироби на наступну позицію із швидкістю 5–6 м/хв.

8.11. Нормування технологічних процесів механічної обробки та складання

Суть і завдання нормування праці

Будь–яка суспільна організація праці потребує встановлення певних пропорцій у витратах виробничих ресурсів у процесі виробництва: самої праці, її знарядь та предметів праці. Це означає, що є потреба у їх нормуванні. Мета та завдання нормування витрат праці визначаються типом її суспільної організації, тобто залежать від об’єктивно існуючих виробничих відносин на кожному історичному етапі розвитку суспільства.

*Технічне нормування праці (ТНП***)** – це процес встановлення для конкретних умов виробництва технічно-обґрунтованих норм часу, необхідних для виконання заданої роботи, а також норм виробітку або норм чисельності робітників, ІТП та службовців, необхідних для виконання певного об'єму роботи.

Основне завдання технічного нормування праці – встановити залежно від виду і завдань виробництва такі норми: норму часу; норму виробітку; норму обслуговування; норму чисельності; норму керованості.

ТНП є одним із найважливіших елементів організації виробництва. На його основі розробляються шляхи покращення використання виробничих потужностей, підвищення продуктивності праці, зниження витрат на виробництво з одночасним підвищенням його рівня.

Технічне нормування є основою для:

– внутрізаводського техніко–економічного планування (визначення потужності окремих агрегатів, дільниць, цехів і підприємства в цілому; обґрунтування виробничої програми; розрахунку чисельності працівників і фонду заробітної плати);

– для оперативного планування (розробки нормативів руху виробництва; складання виробничих графіків для забезпечення постійної ритмічної роботи кожного робочого місця, дільниць і цехів);

– для проектування технологічних процесів (вибір такого технологічного процесу, який забезпечить виконання певного завдання з найбільш ефективними показниками);

– для правильної організації оплати праці.

Тобто норми живої праці необхідні для організації праці як у масштабі всього суспільства, так і на окремих підприємствах. Вони потрібні також при встановленні завдань з економії праці, для зіставлення, аналізу та оцінки фактичних витрат праці порівняно з плановими.

Найважливішим видом є норми витрат робочого часу на виробництво одиниці продукції. Але тривалість виконання роботи залежить від ступеня організації і технічного оснащення праці, тобто від тих організаційних і технічних умов, за яких вона виконується.

Норми витрат праці необхідні також для правильної організації її оплати. Міркою кількості праці для кожного працівника виступає норма витрат праці. Нормування праці – необхідна умова і дуже важливий засіб наукової організації праці та виробництва.

Робочий час і методи його вивчення

Робочий час, який необхідний для виконання певної роботи, класифікується за різними ознаками. Він поділяється на *час роботи* та *час перерв*.

Час роботи – це період, протягом якого робітник здійснює підготовку та безпосереднє виконання дорученої роботи. Складається з часу роботи по виконанню виробничого завдання, та часу роботи, який непередбачений виробничим завданням.

Час роботи по виконанню виробничого завдання складається з таких категорій витрат робочого часу: підготовчо-заключного часу, оперативного часу, часу обслуговування робочого місця.

*Підготовчо–заключний час (ПЗЧ***)** витрачається робітником на ознайомлення з завданням, а також на дії, пов'язані з його завершенням

(ознайомлення з кресленням, інструктаж майстра, здача роботи контролеру). Особливістю ПЗЧ є те, що його величина не залежить від обсягу роботи, яка виконується за даним завданням, а встановлюється на всю роботу (партію виробів). Тому при тривалому повторенні роботи (великосерійне і масове виробництво) ПЗЧ на одиницю продукції буде незначним і може не враховуватись.

Оперативний час – це час, який безпосередньо витрачається на виконання технологічної операції. Включає:

– *основний час* – час, який витрачається безпосередньо на технологічні цілі, тобто на зміну форми чи властивостей предмета праці;

– *допоміжний час* – час, який витрачається на дії, пов'язані з забезпеченням виконання основної роботи (встановлення заготовки, зняття деталі, запуск і зупинка обладнання, контрольні заміри та ін.).

Час обслуговування робочого місця – це час, який витрачається робітником на підтримання робочого місця у належному стані. Складається з:

– *часу технічного обслуговування* (на заміну інструменту, наладку обладнання);

– *часу організаційного обслуговування* (час на прийняття та здавання зміни, на розкладання і збирання інструменту, очищення і змащування обладнання і т.п.).

Час роботи, який непередбачений виробничим завданням, витрачається робітником на виконання випадкової і непродуктивної роботи (наприклад, час на виправлення браку).

Час перерв, протягом якого робітник не бере участі в роботі, поділяється на *час регламентованих і нерегламентованих перерв*.

Час регламентованих перерв включає

– час перерв на відпочинок і особисті потреби;

– час організаційно–технологічних перерв, які виникають внаслідок несинхронності технологічних процесів.

Час нерегламентованих перерв включає час перерв у роботі, що викликані порушеннями трудової дисципліни.

Основним об'єктом ТНП є *операція,* тобто частина технологічного процесу, яка виконується робітником або бригадою робітників на одному робочому місці при незмінних предметах і засобах праці.

При нормуванні операцію розділяють на *трудові елементи*:

– *трудові рухи* – одноразове переміщення рук, ніг, пальців, корпусу робітника з одного положення в інше при виконанні трудової дії;

– *трудові дії* – сукупність трудових рухів, які неперервно йдуть один за одним, здійснюються одним або групою робітників при незмінних предметах і засобах праці (взяти інструмент, зняти деталь та ін.);

– *трудові прийоми* – сукупність трудових дій, які настають одна за одною та становлять завершену частину роботи над одним або кількома предметами праці (запуск обладнання, вмикання подачі). Інколи вони об'єднуються у комплекси прийомів;

– *комплекси трудових прийомів* – сукупність трудових прийомів, які виділяються з трудового процесу за технологічною послідовністю або спільністю факторів, що впливають на час їх виконання (виставляння різця на розмір, встановлення деталі у пристрій та її зняття та ін.).

Сукупність трудових дій, рухів, прийомів (комплексів прийомів), що здійснюється одним чи групою робітників, тобто всі їх дії по виконанню заданої роботи над одним або кількома предметами праці, називається *трудовою операцією*.

Для встановлення технічних норм часу проводять вивчення витрат робочого часу. При цьому використовують *хронометраж і фотографію робочого часу*.

Хронометраж – це метод вивчення і нормування витрат часу на виконання ручних і машинно–ручних елементів операції, які систематично повторюються.

Мета хронометражу:

– проектування раціонального складу і структури операції;

– розрахунок технічно обґрунтованих норм часу і виробітку;

– перевірка норм, які встановлені розрахунковим шляхом.

Хронометраж проводиться в три етапи.

1. Підготовка до спостережень – ознайомлення з робочим місцем; ознайомлення з робітником, його кваліфікацією, тарифікацією роботи і перевірка її відповідності рівню кваліфікації робітника; поділ операцій на складові частини (комплекс прийомів, прийоми, трудові дії, рухи); встановлення фіксажних точок, тобто моментів, в яких співпадають закінчення останнього руху попереднього прийому з початком першого руху наступного прийому операції.

2. Спостереження – це багаторазові вимірювання і фіксування тривалості кожного елемента операції за допомогою різноманітних приладів (секундомірів, хронометрів, кіноапаратури). Результати спостережень записують в хронометражну карту, яка має дві сторони: лицьову і робочу. На лицьовій стороні приводяться наступні дані: прізвище; кваліфікація; стаж робітника; назва операції; дані про обладнання; дані про оснащення; дані про організацію робочого місця тощо. На робочій стороні хронометражної карти вказують перелік елементів операції, фіксажні точки і результати замірів.

3. Аналіз результатів. В результаті спостережень отримують хронометражний ряд для кожного елементу операції. Для перевірки достовірності отриманих результатів визначають коефіцієнт стійкості хронометражного ряду за формулою:

$$k_{ст} = \frac{t_{\max}}{t_{\min}}, \tag{8.49}$$

де t_{max}, t_{min} – відповідно, максимальна і мінімальна тривалість даного прийому у хронометражному ряді.

Очевидно, що коефіцієнт k_{cm} більший за одиницю (чим він ближчий до одиниці, тим стійкіший хронометражний ряд). За умови, що розрахований коефіцієнт стійкості менший (рівний) певного нормативного значення, отримані результати вважаються достовірними.

Наявність достатньо стійких хронометражних рядів дозволяє визначити норматив часу на кожний прийом або елемент операції як середньоарифметичну величину хронометражного ряду:

$$t_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{n}, \tag{8.50}$$

де t_i – значення і–го заміру хронометражного ряду; n – число замірів (спостережень).

Тривалість операції в цілому визначається як сума розрахованих середніх тривалостей окремих її елементів.

Фотографія використання робочого часу – це метод вивчення і нормування витрат робочого часу шляхом спостережень і фіксації всіх (без виключення) категорій витрат робочого часу і їх тривалості на протязі зміни.

Мета проведення:

– складання фактичного балансу робочого часу шляхом виявлення всіх його витрат і групування їх по категоріях (підготовчо–заключний час, основний час, допоміжний час тощо);

– виявлення причин втрат робочого часу з розробкою заходів по їх усуненню;

– отримання даних, необхідних для нормування ПЗЧ, часу обслуговування робочого місця і перерв, а також для складання нормативних таблиць по даних категоріях часу;

– визначення числа робітників, необхідних для обслуговування окремого обладнання, або кількості обладнання, яке може обслуговувати один робітник.

Етапи проведення:

1. Підготовчий.

2. Безпосереднє проведення спостережень.

3. Обробка отриманих результатів і розробка заходів по усуненню втрат робочого часу.

4. Проектування нормального балансу робочого часу.

На першому етапі вибирається об’єкт спостереження, проводиться ознайомлення з робочим місцем і робітником, його кваліфікацією тощо. Всі дані заносяться у спеціальну карту.

На другому етапі на протязі робочої зміни записують тривалість всіх дій робітника (з зазначенням поточного часу їх початку і завершення) або причини його простою.

На третьому етапі результати спостережень групуються по категоріях затрат часу:

– група А – нормовані затрати (ПЗЧ, продуктивна робота, обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби);

– група Б – ненормовані затрати (непродуктивна робота по вині організації виробництва, час простоїв з організаційних причин і по вині робітника);

– група В – сума всього часу по групах А і Б.

За результатами аналізу визначають ряд коефіцієнтів:

а) коефіцієнт завантаження виконавця:

$$k_1 = \frac{A}{B}; \tag{8.51}$$

б) коефіцієнт можливого самоущільнення часу за рахунок дисципліни виконавця:

$$k_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} t_{н.р.р}}{B}, \tag{8.52}$$

де $\sum t_{н.р.р}$ – сума часу непродуктивної роботи і часу простою по вині робітника; n_1 – число випадків непродуктивної роботи і простоїв по вині робітника;

в) коефіцієнт можливого ущільнення за рахунок кращої організації виробництва:

$$k_3 = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} t_{н.р.о}}{B}, \tag{8.53}$$

де $\sum t_{н.р.о}$ – сума часу непродуктивної роботи і простоїв по вині організації виробництва; n_2 – число випадків непродуктивної роботи і простоїв по вині організації виробництва;

г) коефіцієнт можливого росту продуктивності праці:

$$k_4 = k_2 + \frac{k_3}{k_1}. \tag{8.54}$$

Одним із видів фотографії робочого часу є *метод моментних спостережень*, який полягає в одночасному спостереженні за роботою великої кількості об’єктів (робочих місць), стан яких фіксується через певний інтервал.

Достовірність результатів, отриманих з використанням методу моментних спостережень, залежить від такого показника як число спостережень M, яке розраховується залежно від імовірності очікуваного результату. В масовому і великосерійному виробництві задовільні результати отримуються при імовірності 0,84, а в серійному і дрібносерійному – при імовірності 0,92.

Моментні спостереження проводять в такому порядку:

– визначають число моментів спостережень за формулою:

$$M = \frac{\alpha \cdot (1 - K) \cdot 100^2}{K \cdot P^2}, \tag{8.55}$$

де M – число моментів спостережень; K – частка досліджуваної категорії затрат часу в змінному (добовому) фонді часу для даної дільниці; α – коефіцієнт, який визначає імовірність присутності похибки у встановлених границях (α = 2 – для масового і великосерійного виробництва; α = 3 – для серійного і дрібносерійного виробництва); P – допустима величина відносної похибки результатів спостережень, $P = (3 - 10\%) \cdot K$;

– визначають довжину (L) маршруту обходу (в м) і число об'єктів (m), за роботою яких буде проводитися спостереження при одному обході;

– визначають тривалість одного обходу за формулою:

$$T_{обх} = \frac{0{,}01L}{0{,}6}, \tag{8.56}$$

де 0,01 – середня тривалість одного кроку, хв.; 0,6 – середня довжина одного кроку, м;

– визначають число моментів спостережень (M') в зміну:

$$M' = \frac{T_{зм} \cdot \beta \cdot m}{T_{обх}}, \tag{8.57}$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, хв.; β – коефіцієнт, який враховує неспівпадання часу ($\beta = 0{,}5 \div 0{,}7$);

– визначають тривалість проведення спостережень у змінах (n) за формулою:

$$n = \frac{M}{M'}. \tag{8.58}$$

В процесі спостережень складається карта моментних спостережень, в якій відзначається певними умовними позначками зафіксований стан об'єктів, за роботою яких ведеться спостереження під час кожного обходу. Після завершення спостережень підраховують відсоток витрат часу, наприклад, на основну роботу, на допоміжну роботу, на простої, на ремонт та ін. Після цього робиться висновок про раціональність структури робочого часу.

Нормативи і норми для нормування праці. Методи нормування

Нормативи – це довідково–розрахункові матеріали, які призначені для розрахунку (встановлення) технічно обґрунтованих норм. Нормативи використовуються для визначення тривалості окремих типових елементів роботи залежно від факторів, які впливають на цю роботу (конкретні організаційно–технічні умови виробництва). Для розробки нормативів використовують матеріали, які отримують в результаті проведення хронометражу, фотографії робочого часу тощо.

При нормуванні праці використовуються наступні нормативи: нормативи часу, нормативи чисельності; нормативи часу обслуговування, нормативи режимів роботи обладнання тощо.

Нормативи часу – це регламентовані витрати часу на виконання окремих робіт, які входять до складу операції. Вони призначені для встановлення норм витрат праці на машинно-ручні та ручні роботи і поділяються на такі групи нормативів: основного часу (при ручних роботах), допоміжного часу, підготовчо-заключного часу, часу обслуговування. Нормативи часу встановлюються і на деякі види перерв у роботі, наприклад на відпочинок і особисті потреби працівника.

Нормативи часу обслуговування – це регламентовані величини витрат часу на обслуговування одиниці обладнання, робочого місця та інших виробничих одиниць. Вони використовуються для встановлення норм обслуговування, тобто кількості одиниць обладнання, робочих місць, які необхідно закріпити за одним робітником чи групою робітників.

Нормативи чисельності – регламентують кількість працівників, яка необхідна для виконання одиниці (або певного обсягу) роботи.

Нормативи режимів роботи обладнання – це регламентовані величини режимів (параметрів) роботи обладнання, які забезпечують раціональне його використання. Дані нормативи призначені для нормування основного часу (машинного і машинно-ручного) і базуються на даних паспорта обладнання або спеціальних досліджень. Вони дозволяють призначити найбільш ефективні режими з врахуванням типу і виду обладнання, інструменту, матеріалу, який обробляється, особливостей продукції.

Крім цього, нормативи поділяють на елементні (диференційовані) і укрупнені; загальномашинобудівні, галузеві і заводські.

Елементні нормативи (масове і великосерійне виробництво) – встановлюють розрахункову тривалість часу на окремі елементи операції.

Укрупнені нормативи призначені для розрахункового встановлення норм часу на основі таблиць підготовчо-заключного, допоміжного та основного часу.

Загальномашинобудівні нормативи містять норми часу на виконання типових робіт на більшості машинобудівних і металообробних підприємств.

Галузеві нормативи встановлюються на специфічні для певної галузі роботи.

Заводські нормативи розробляються на специфічні для даного підприємства роботи, які не регламентовані загальномашинобудівними і галузевими нормативами.

Види норм, які використовуються при нормуванні праці:

– *норма часу* – кількість робочого часу, необхідна для виготовлення одиниці продукції або виконання встановленого обсягу робіт одним працівником чи групою працівників в певних організаційно–технічних умовах;

– *норма виробітку* – встановлений обсяг роботи або кількість виробів, які повинні бути виконані чи виготовлені працівником або групою працівників за одиницю часу в певних організаційно-технічних умовах;

– *норма обслуговування* – кількість виробничих об’єктів, які працівник або група працівників відповідної кваліфікації повинні обслужити за одиницю часу в певних організаційно–технічних умовах;

– *норма чисельності* – встановлена кількість працівників певного професійно–кваліфікаційного складу, необхідна для виконання конкретних виробничих чи управлінських функцій або об'ємів робіт в певних організаційно–технічних умовах;

– *норма керованості* – кількість робітників (працівників), які можуть бути безпосередньо підпорядковані одному начальнику (керівнику) в певних організаційно–технічних умовах.

В основі розрахунку всіх норм витрат праці лежить *норма часу на операцію*, до складу якої у загальному випадку включають:

– *підготовчо–заключний час* $T_{пз}$ – в одиничному і дрібносерійному виробництвах включається в норму у вигляді співвідношення $\frac{T_{пз}}{N}$, де N – розмір партії виробів. В інших випадках при великих обсягах випуску продукції ця величина буде незначною, тому в нормі часу її не враховують (великосерійне і масове виробництво);

– *основний час* t_o;

– *допоміжний час* t_o;

– *час технічного обслуговування* $t_{т.о}$;

– *час організаційного обслуговування* $t_{о.о}$;

– *час перерв на відпочинок і особисті потреби* $t_{п.в}$;

– *час організаційно–технологічних перерв* $t_{п.о}$.

Всі інші витрати робочого часу не нормуються і відносяться до його втрат:

а) по організаційно–технічних причинах;

б) через порушення трудової дисципліни.

На основі наведеної вище класифікації витрат робочого часу встановлюються наступні норми часу:

– *норма штучного часу* (для масового і великосерійного виробництва):

$$t_{шт} = t_o + t_д + t_{т.о} + t_{о.о} + t_{п,в} + t_{п.о}; \qquad (8.59)$$

– *норма штучно–калькуляційного часу* (для одиничного і дрібносерійного виробництва):

$$t_{шт-к} = \frac{T_{пз}}{N} + t_o + t_д + t_{т.о} + t_{о.о} + t_{п,в} + t_{п.о} = \frac{T_{пз}}{N} + t_{шт}. \qquad (8.60)$$

Технічно обґрунтовані норми встановлюються (в основному) *аналітичним методом*, який базується на попередньому аналізі виробничих можливостей робочого місця, врахуванні прогресивних методів роботи (підвищення кваліфікації працівників, нові технології, нове обладнання і оснащення тощо), та визначенні реально необхідних витрат праці на кожний елемент і операцію загалом.

При використанні аналітичного методу нормування встановлення норм здійснюють в такому порядку: нормована операція ділиться на елементи; проводиться аналіз факторів, що впливають на їх тривалість; проектується раціональний склад операції та послідовність виконання її елементів. Після цього розраховуються норми (витрати) часу по елементах та на операцію загалом. Водночас розробляються організаційно-технічні заходи, які забезпечують впровадження запроектованого трудового процесу та виконання встановлених норм часу.

Аналітичний метод нормування має два різновиди: аналітично–розрахунковий та аналітично–дослідний. Вони розрізняються способом визначення (норм) витрат часу. При *аналітично-розрахунковому методі* витрати часу на кожний елемент операції та операцію в цілому визначаються за заздалегідь розробленими науково–обґрунтованими нормативами. При *аналітично-дослідному методі* витрати часу на кожен елемент операції та операцію в цілому встановлюються на основі безпосередніх вимірів цих витрат на робочих місцях (хронометраж, фотографія робочого часу тощо).

Нормування технологічних процесів механічної обробки представлено в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 − Нормування технологічних процесів механічної обробки

Вид обробки	*Формула для визначення основного часу* t_0, *хв.*
Точіння, свердління, зенкерування, розточування, розвертування	$t_0 = \frac{li}{nS_0}$
Обробка на токарних багаторізцевих верстатах і копірувальних автоматах	$t_0 = \frac{l_{пр}}{nS_{пр}} + \frac{l_{поп}}{nS_{поп}}$
Фрезерування:	
- циліндричними і торцевими фрезами	$t_0 = \frac{li}{v_s}$ або $t_0 = \frac{li}{S_z z n_ф}$
- двохперовою фрезою з човниковим рухом подачі	$t_0 = \frac{(l - D_ф) + (0{,}5...1{,}0)мм}{S_{пр}} \cdot \frac{h}{t}$
- дисковою фрезою	$t_0 = \frac{h + (0{,}5...1{,}0)мм}{S_B} + \frac{l - D_ф}{S_{пр}}$
- дисковою фрезою для сегментних шпонок	$t_0 = \frac{h + (0{,}5...1{,}0)мм}{S_B}$
Стругання і протягування:	
- обробка на поперечно– і поздовжньо–стугальних верстатах	$t_0 = \frac{b + b_1 + b_2}{n_{дв.х} \cdot S_{2x}} i$
- протягування	$t_0 = \frac{(L_{пр} + l_g)}{1000} \cdot \left(\frac{1}{v_p} + \frac{1}{v_{в.х}} \right)$
- протягування шліців	$t_0 = \frac{L_{пр} + l_g + (10...30)мм}{1000 v_p} i$

Продовження таблиці 8.1

1	2
Нарізання різі:	
- профільним різцем	$t_0 = \frac{l_0 + l_{вр} + l_n}{Pn} \cdot iq$
- плашками	$t_0 = \frac{l_0 + l_{вр} + l_n}{Pn} + \frac{l_0 + l_{вр} + l_n}{Pn_в}$
- самовідкриваючими головками	$t_0 = \frac{l_0 + l_{вр} + l_n}{Pn}$
- дисковими фрезами на різефрезерних верстатах	$t_0 = \frac{l_0 + l_{вр} + l_n}{Pn} \cdot \frac{\pi d}{\cos\alpha v_s} iq$
- гребінчастою різевою фрезою	$t_0 = \frac{1{,}2\pi d}{v_s}$
Нарізання:	
- зубонарізання циліндричних коліс дисковою модульною фрезою	$t_0 = \frac{Bl_{вр} + l_n}{v_s} zi$
- зубонарізання червячною фрезою	$t_0 = \frac{l_з m_g + l_{вр} + l_n}{S_0 n_ф m_g z_ф} zi$
- зубодовбання	$t_0 = \frac{h_з}{S_p n_{дв.х}} + \frac{\pi mz}{S_k n_{дв.х}} i$
- зубостругання	$t_0 = \pi mz_p \left(\frac{1}{n_{дв.х} S_k} \cdot \frac{1}{v_{s_{об}}} \right) + 0{,}12 z_p$
- шевінгування	$t_0 = \frac{\left(l_з + l_{вр} + l_n\right) \cdot zz_i}{n_{шев} z_{шев} S_{пр} S_в} K$
Шліфування:	
- шліфування з поздовжнім рухом подачі	$t_0 = \frac{L_{ст}}{nS_{пр}} \cdot \frac{z_i}{S_{поп}} K$
Врізання:	$t_0 = \frac{z_i}{nS_{поп}} K$
- плоске периферією кругу	$t_0 = \frac{Bz_i}{S_{поп} n_{дв.х} S_в m} K$
- плоске торцем кругу	$t_0 = \frac{z_i}{S_в nm} K$
- різі однопрофільним кругом	$t_0 = \frac{l_0 + l_{вр} + l_n}{Pn} \left(\frac{z_i}{S_{поп}} + m \right)$
- різі багатопрофільним кругом	$t_0 = \frac{\pi d n_з}{1000 v_з}$
- зубів коліс методом копіювання	

Закінчення таблиці 8.1

1	2
- зубів коліс методом обкатки	$t_0 = \frac{2L_{cm} i \alpha_д}{1000 v_{cm}} z$
Хонінгування	$t_0 = \frac{z_i}{S_p n}$
Накатування шліців	$t_0 = \frac{L_ш + l_п}{v_з}$

Примітки: 1. Позначення: l – розрахункова довжина робочого ходу інструмента, мм; $l_{пр}$ – розрахункова довжина робочого ходу поздовжнього супорта, мм; $l_{поп}$ – розрахункова довжина робочого ходу для поперечного супорта, мм; l_g – довжина протягнутої поверхні, мм; l_0 – довжина нарізаної різі, мм; $l_{вр}$ – глибина врізання різального інструменту, мм; $l_п$ – перебіг різального інструменту, мм; $l_з$ – довжина нарізаного зуба, мм; $l_ш$ – довжина накатуваного шліца, мм; $L_{пр}$ – довжина робочої частини протяжки, мм; $L_{ст}$ – довжина ходу стола верстату, мм; P – крок нарізуваної різі, мм; i – число робочих ходів; n – частота обертання шпинделя, $хв^{-1}$; $n_ф$ – частота обертання фрези, $хв^{-1}$; $n_в$ – частота обертання при допоміжному ході, $хв^{-1}$; $n_{дв.х}$ – число подвійних ходів за 1 хв; $n_{шев}$ – частота обертання шевера, $хв^{-1}$; $n_з$ – частота обертання заготовки за час нарізання різі $хв^{-1}$; S_{2X} – подача на один подвійний хід стола, мм/дв. хід; S_0 – подача на оберт, мм/об; v_s– швидкість руху подачі, мм/хв.; S_z – подача на зуб фрези, мм/зуб; $S_{пр}$ – поздовжня подача, мм/об; $S_{поп}$ – поперечна подача круга за один робочий хід, мм/роб. хід; $S_в$ – вертикальна подача, мм/об; $S_р$ – радіальна подача на двійний хід, мм/дв. хід; $S_к$ – кругова подача зубчатого колеса на двійний хід довб яка, мм/дв. хід; $v_{Sоб}$ – швидкість руху подачі в зворотному напрямку, мм/хв.; b – ширина поверхні, що стругається, мм; b_1 – врізання різця, мм; b_2 – перебіг різця, мм; B – ширина циліндричного зубчатого вінця, мм; z – кількість зубів фрези; $z_ф$ – число заходів фрези; $z_р$ – розрахункова кількість зубів коліс; $z_{шев}$ – кількість зубів шевера; z_i – припуск на сторону оброблюваної поверхні, мм; h – глибина шпонкової канавки нарізаної впадини, мм; $h_з$ – висота зуба, мм; $D_ф$ – діаметр фрези, мм; d – зовнішній діаметр нарізуваної заготовки, мм; $v_р$ – швидкість різання, м/хв.; $v_{в.х}$ – швидкість допоміжного ходу м/хв.; $v_з$ – швидкість врізання заготовки м/хв.; q – число заходів різі; τ – час переключення і ділення; α – кут падіння гвинтової лінії, град. (°); $α_д$ = 1,3 – 1,5 – коефіцієнт, що враховує час ділення, тобто повороту колеса на один зуб; m – модуль; m_g – кількість одночасно нарізуваних коліс; K – поправочний коефіцієнт на вихожування (мається на увазі зняття металу на кінці циклу при виключеній подачі на глибину).

2. Довжина поперечного ходу стола при шліфуванні на прохід:

$$L_{ст}=l_Д(0,2...0,4)B_к;$$

і при шліфуванні в упор:

$$L_{ст}=l_Д–(0,2...0,4)B_к,$$

де $B_к$ – висота круга, мм; $l_Д$ – довжина шліфованої поверхні заготовки, мм.

3. Коефіцієнт *К* має наступні значення: *К* = 1,1 при відхиленні розмірів 0,1–0,15 мм, *К*=1,7 при відхиленні розмірів 0,02–0,03 мм, *К*=1,1–1,2 при шевінгуванні.

Нормування технологічних процесів складання

Залежно від типу виробництва нормативи часу, які застосовуються для складальних робіт, відрізняються за ступенем диференціації й масштабами застосування (загальномашинобудівні, галузеві та заводські).

Чим детальніше розроблено технологічний процес, тим точніше його можна пронормувати, а якщо укрупнено, то час на обслуговування робочого місця приймають 2–5%, а на перерви для відпочинку і на фізіологічні потреби – 2–3% від оперативного часу. Тоді норму штучного часу технологічного процесу складання визначають за формулою:

$$t_{шт} = t_{оп}\left(1 + \frac{\beta + \gamma}{100}\right), \tag{8.61}$$

де β – процент від оперативного часу, відповідний часу на обслуговування робочого місця; γ – процент від оперативного часу, відповідний часу на фізіологічні потреби й відпочинок робітників.

Загальний час на складання всього виробу становитиме:

$$T_{шт} = \sum_{i}^{m} t_{шт}, \tag{8.62}$$

де *m*–кількість складальних операцій.

Час на складання серії (партії) виробів:

$$T_{П} = T_{шт} n + T_{п.з.}. \tag{8.63}$$

Штучно–калькуляційний час на один виріб:

$$T_{к} = T_{шт} + T_{п.з.} / n, \tag{8.64}$$

де *n*– кількість виробів у серії (партії); $T_{п.з.}$ – підготовчо–заключний час на всю партію виробів, хв.

У технологічному процесі складної машини може бути дуже велика кількість операцій. Наприклад, процес складання гусеничного трактора включає в себе 600 операцій. Розрахунок технічно обгрунтованих норм часу при підготовці випуску таких виробів звичайними методами потребує значної затрати часу, а тому на для цього застосовують ПЕОМ.

8.12. Оцінка техніко-економічної ефективності технологічних процесів

Основні показники досконалості технологічного процесу в автомобілебудуванні це висока якість виготовлення деталей і складання машин, а також найменш можлива її собівартість. На якість технологічного процесу впливають технічні та економічні фактори. Технічні фактори є основними, економічні похідними від основних. До технічних факторів відносяться точність деталей і точність машин, якість поверхонь деталей, технологічність конструкцій, тип (масштаб) виробництва, оснащеність технологічного процесу. Технологічний процес повинен забезпечити виконання вимог креслення і технічних умов на виготовлення виробу.

Точність деталей і машин

У сучасних автомобілях значна частина деталей має високу точність, яка характеризується величиною відхилень їх фактичних розмірів від розмірів, заданих на кресленні. Точність машини характеризується точністю переміщень кінцевих ланок, обчислювальних у сотих, а іноді й у тисячних долях міліметра. Наприклад, точність обертання шпинделя металорізального верстата характеризується величиною радіального й торцевого биття. Точність переміщення супорта токарного верстата визначається різницею між розрахунковими переміщеннями, які відраховуються по лімбі, зв'язаному з ходовим гвинтом, і фактичними переміщеннями супорта. У залежності від вимог кінцевої точності й умов роботи деталей у вузлі призначають точність виготовлення окремих деталей, зв'язаних із кінцевою (відомою) ланкою.

Залежно від вимог кінцевої точності машини визначають точність виготовлення деталей, тобто забезпечують математичний зв'язок між замикаючим ланцюгом у тій чи іншій складальній одиниці і її складовими ланками. При цьому чим вища точність замикаючої ланки ланцюга, яка вимагається, тим із більш високою точністю повинні виготовлятися деталі цього розмірного ланцюга.

Якість поверхонь деталей машин визначається геометричними й фізико–механічними параметрами. Геометричними параметрами є відхилення форми, хвилястість і шорсткість. До фізико–механічних параметрів належать: твердість, глибина та інтенсивність зміцнення, внутрішні напруження й характер виникнення. Деякі з цих параметрів (наприклад, шорсткість, твердість) обумовлюються на робочих кресленнях деталей. Інші показники (глибина та інтенсивність зміцнення, внутрішні напруження і характер їх виникнення) через відсутність надійних засобів цехового контролю поки що не знаходять відображення в кресленнях і технічних умовах. Однак знання характеру впливу цих параметрів на довговічність і надійність деталей дає змогу при розробці технологічних процесів позитивно впливати на формування якості окремих деталей машин у цілому за рахунок застосування методів зміцнюючої технології або відповідного режиму обробки, геометрії інструмента тощо.

Згідно з економічними принципами вироби повинні виготовлятись з мінімальними затратами праці й витратами виробництва. Для цього необхідно дотримуватись таких правил. Заготовки за формою й розмірами повинні наближатись до форм готових деталей. У цьому разі припуски на обробку й об'єм наступного механічного оброблення будуть мінімальними. Це правило набуває особливої ваги при великій програмі випуску виробів. Неабияке значення має раціональний розподіл припусків на чистову, чорнову і кінцеву обробку.

Схеми базування заготовок повинні забезпечувати простоту й надійність конструкцій пристроїв. Послідовність і структура операцій мають визначатися так, щоб якісне виготовлення деталей здійснювалось при мінімальних матеріальних витратах. Технологічне обладнання й оснащення повинно бути дешевим і високоефективним. Різальний і вимірювальний інструмент повинен

бути стандартним, широко розповсюдженим. Режими різання повинні бути оптимальними, а норми часу технічно і науково обґрунтованими.

Згідно з організаційним принципом виготовлення деталей та їх складання повинні здійснюватися в умовах, що забезпечують максимальну ефективність виробництва, тобто форма організації технологічного процесу має відповідати типу виробництва; розташування обладнання на ділянці повинно забезпечувати безперервне виготовлення виробів і найкоротші транспортні шляхи; робочі місця повинні відповідати вимогам наукової організації праці і санітарно–гігієнічним нормам; забезпечення робочих місць заготовками, інструментом, мастильно–охолоджувальними рідинами, прибирання стружки повинні бути своєчасними. Серед кількох варіантів технологічних процесів вибирають той, що найбільшою мірою відповідає заданому критерію оптимізації.

Точність деталей машин у значній мірі впливає на вибір маршруту обробки й режимів різання. Як правило, при виготовленні точних деталей, призначають додаткові переходи, щоб підвищити правильність геометричної форми оброблюваних поверхонь і підготувати їх до оздоблювальної (фінішної) обробки.

Техніко–економічні показники технологічного процесу

Техніко–економічні показники є основою при вирішенні питань про вибір варіанту технологічного процесу. З можливих варіантів повинен прийматися технологічний процес, який забезпечував би найменшу собівартість виробу. Зниження собівартості досягається підвищенням ефективності використання обладнання, робочого часу і раціональної організації виробництва.

За значимістю показники технологічності поділяються на основні і додаткові. До *основних показників* належать трудомісткість виробу ($T_в$) та технологічна собівартість ($C_т$), а також рівень технологічності за трудомісткістю ($K_{р.т}$) та рівень технологічності за технологічною собівартістю ($K_{р.с}$). Перші два показники абсолютні, всі інші відносні:

$$T_В = \sum t_i ; \qquad C_Т = B_М + B_З + B_Ц ; \qquad K_{Р.Т} = T_В / T_{В.Б} ; \qquad K_{Р.С} = C_Т / C_{Т.Б} , \quad (8.65)$$

де t_i – трудомісткість операцій щодо виготовлення виробу, (нормо–год.); $B_М$ – матеріальні витрати, грн.; $B_З$ – витрати заробітної плати на виріб, включаючи і нарахування на заробітну плату, грн.; $B_Ц$ – цехові витрати (визначаються як процент від основної зарплати), грн.; $T_В$, $T_{В.Б}$ – відповідно трудомісткість оцінюваного (проектного), та базового варіантів (нормо–годин); $C_Т$, $C_{Т.Б}$ – відповідно технологічна собівартість оцінюваного і базового варіантів, грн.

До **нетехнологічних** слід відносити конструкції, виготовлення яких відомими в даний момент засобами або неможливе, або викликає суттєві невиправдані ускладнення технологічних операцій та збільшення їх трудоємності, а також збільшення матеріалоємності виробу.

Економічну ефективність виробництва визначають як сукупність технічних, техніко–економічних і техніко–експлуатаційних показників.

Технічні показники – це коефіцієнти уніфікації, точність обробки, коефіцієнт використання матеріалу та ін.

Уніфікація – це вибір оптимальної кількості різновидів продукції, процесів, послуг, параметрів.

Коефіцієнт уніфікації – це відношення чисельності однотипових об'єктів до загальної кількості об'єктів.

Точність обробки – це ступінь відповідності виготовленої деталі розмірам, формі та іншим характеристикам залежно від призначення деталі. Точність обробки (шорсткість поверхні) суттєво впливає на експлуатаційні властивості деталей. Так, зносостійкість деталей знижується при значній шорсткості поверхні внаслідок нерівномірного зносу. Міцність деталей машин також залежить від шорсткості поверхні. Наявність рисок приводить до концентрації напруги, шо в викликає нерівномірний знос поверхні і призводить до руйнування виробу. Стійкість проти корозії зменшується, якщо поверхня шорстка, тому що збільшується площа контакту з руйнуючим середовищем.

Коефіцієнт використання матеріалу – це відношення маси матеріалу в готовому виробі до маси матеріалу, що ввели в технологічний процес.

Техніко–експлуатаційні показники машин, апаратів і агрегатів – це габарити (висота, довжина, ширина в см, м), займана площа (кв. см, м); маса (в кг, г); кількість обертів (за сек., хв.); ступінь автоматизації, наявність захисних приладів; вихідна потужність, що споживається та енергоємність, тривалість безвідмовної роботи тощо.

Енергоємність технологій – відношення всієї енергії, що споживається виробництвом за рік, до річного обсягу продукції, що випускається.

Техніко-економічні показники – це собівартість, продуктивність праці, амортизація, якість продукції, трудоємність та ін.

Собівартість продукції – це виражені у грошовій формі сукупні витрати на підготовку і випуск продукції (робіт, послуг).

Резервами зниження собівартості продукції є: підвищення технічного рівня виробництва – впровадження нової прогресивної технології, підвищення рівня механізації та автоматизації виробничих процесів; розширення масштабів використання й удосконалення техніки і технологій; краще використання сировини та матеріалів; поліпшення організації виробництва і праці; зміна обсягу виробництва; зміна структури, асортименту та поліпшення якості продукції.

Деякі приклади дають уявлення про роль технологій у підвищенні ефективності виробництва, а це означає зниження собівартості продукції. Так, впровадження верстатів із ЧПК підвищує продуктивність у п'ять разів, порівняно із продуктивністю звичайних верстатів. Наявність оброблювальних центрів у верстатах із ЧПК дає загальну економію 70–80%. Використання обробки тиском при виготовленні валів, зубчастих коліс, втулок тощо замість обробки різанням скорочує відходи до 2–3% (при обробці на верстатах вони складають 27–28%).

Ефективність кожного виробництва визначається співвідношенням результатів праці і витрат на їх отримання.

Витрати визначаються обсягом (вартістю) використаних економічних ресурсів: робоча сила, компоненти природних ресурсів (земля та сировина), компоненти засобів виробництва.

Результати характеризуються обсягами та вартістю виробленої і реалізованої продукції, розмірами доданої вартості, прибутку, а також показниками конкурентоспроможності, якості життя, станом екології тощо. Найчастіше результати виражаються обсягом продукції або розміром прибутку. *Якщо ефективність результатів визначається обсягом продукції, то це є продуктивність праці, а якщо розміром прибутку, то це рентабельність (прибутковість)*.

Отже, *продуктивність праці* показує співвідношення обсягу вироблених матеріальних або нематеріальних благ та кількості затраченої на це праці.

Продуктивність праці у вартісному вираженні (з розрахунку на одного працівника) визначається за формулою, грн./чол.:

$$ПП = \frac{Д}{Ч_{ПВП}}, \tag{8.66}$$

де *ПП* – продуктивність праці; *Д* – дохід, грн.; $Ч_{ПВП}$ – чисельність промислово–виробничого персоналу.

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації. Об'єктом амортизації є всі основні фонди (крім землі). *Амортизація* – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення.

Ефективність виробничої діяльності підприємства визначають показниками рентабельності виробництва і продукції.

Рентабельність виробництва $Р_в$ (в %) визначається за формулою:

$$Р_в = \frac{П}{Ф_{в.ос} + Н_{оз}} \cdot 100\%, \tag{8.67}$$

де *П* – прибуток підприємства до виплати податків, грн.; $Н_{оз}$ – середньорічна вартість нормованих оборотних засобів, грн.

Рентабельність продукції $Р_{прод}$ (в %) визначається за формулою:

$$Р_{пр} = \frac{П_{од}}{С_{од}} \cdot 100\%, \tag{8.68}$$

де $П_{од}$ – прибуток, отриманий від реалізації одиниці продукції, грн.; $С_{од}$ – собівартість одиниці продукції, грн.

Для оцінки і аналізу ефективності використання металорізального обладнання застосовується коефіцієнт використання верстата за основним технологічним часом $К_0$ і коефіцієнт завантаження обладнання за часом $К_з$.

Коефіцієнт використання верстата за основним технологічним часом визначається за формулами:

– для великосерійного і масового виробництв:

$$K_o = t_o / t_{ш.}, \tag{8.69}$$

– для одиничного, дрібносерійного і серійного виробництв:

$$K_o = t_o / t_{ш.к}, \tag{8.70}$$

де t_o – основний технологічний час; $t_ш$ – штучний час; $t_{ш.к}$ – штучно–калькуляційний час.

Чим вище значення коефіцієнта K_o, тим ефективніше використовується обладнання.

Коефіцієнт завантаження верстата за часом визначають за формулою:

$$K_з = K_р / K_д, \tag{8.71}$$

де $K_р$ – розрахункова кількість верстатів; $K_д$ – дійсна кількість верстатів.

Розрахункова кількість верстатів визначається за формулами:

– для великосерійного і масового виробництв:

$$K_р = \Sigma t_ш / F_д, \tag{8.72}$$

– для одиничного, дрібносерійного і середньосерійного виробництв:

$$K_р = \Sigma t_{ш.к} / F_д, \tag{8.73}$$

де $\Sigma t_ш$ і $\Sigma t_{ш.к}$ – сумарне значення відповідно штучного і штучно–калькуляційного часу при обробці деталей в об’ємі річної програми на верстатах розглядаю чого типу; $F_д$ – дійсний річний фонд часу роботи верстата, який визначається за формулою:

$$F_д = F_н * K, \tag{8.74}$$

де $F_н$ – нормальний річний фонд часу роботи верстата; K – коефіцієнт використання обладнання.

Дійсна кількість верстатів $K_д$ визначається на основі розрахунку $K_р$ шляхом заокруглення отриманого значенням до ближнього цілого числа.

Економічна оцінка ефективності технологічних процесів

Загалом *під ефектом розуміють* результат зіставлення нового стану явища після досягнення продиктованих потребами суб’єкта цілей з якістю його вихідного стану. Залежно від сфери виникнення розрізняють такі види ефекту від проектних рішень: економічний, фінансово-економічний, науковий, науково–технічний, соціальний (соціально-політичний), екологічний.

Оцінка ефекту може мати *кількісно-вартісну та якісну форму*. Для економічного ефекту, який визначають за допомогою вартісного вимірювання результатів, характерна вартісна форма оцінювання.

Економічна оцінка ефективності впровадження нових технологічних процесів проводиться при використанні наступних показників:

1. Прогнозований річний економічний ефект від впровадження нововведень в ТП визначається по формулах:

$$E = П_n - П_д, \tag{8.75}$$

де E – прогнозований річний економічний ефект, грн.; $П_n$ – річний прибуток після впровадження нововведень, грн.; $П_д$ – річний прибуток до впровадження нововведень, грн.

2. Зменшення собівартості продукції при впровадженні нововведень визначається за формулою:

$$З = C_2 - C_1, \tag{8.76}$$

де $З$ – зниження собівартості, грн.; C_1 – собівартість до впровадження нововведень, грн.; C_2 – собівартість після впровадження нововведень, грн.

3. Рентабельність продукції, яка визначається за формулою (8.68).

4. Простий період окупності інвестицій в технології (обладнання, інструмент, нововведення) визначається за формулою:

$$PP = \frac{IC}{PN}, \tag{8.77}$$

де PP – період окупності інвестицій, роки; PN – середньорічний додатковий прибуток чи економія коштів отримані в результаті вкладення інвестицій, тис. грн.; IC – величина капітальних вкладень (інвестицій), тис. грн.

5. Індекс прибутковості, що характеризує відношення дисконтованих грошових потоків до величини початкових вкладень в технології, обладнання, інструмент тощо (ефективний якщо є більший 1), визначається за формулою:

$$Pi = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{Pt}{(1+i)^t}}{IC}, \tag{8.78}$$

де Pi – індекс дохідності; Pt – грошовий потік в t–році, грн. (прибуток і амортизація); i – ставка дисконтування; t – номер року; n – кількість років функціонування проекту.

6. Величина чистої теперішньої вартості проекту, пов’язаного із впровадженням нової технології, обладнання, інструмент тощо (для ефективності значення показника повинно бути більше 0), визначається за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{Pt}{(1+i)^t} - IC. \tag{8.79}$$

7. Дисконтний період окупності, що враховує фактор часу, визначається за формулою:

$$PPg = IC / (\sum_{t=1}^{n_o} \frac{Pt}{(1+i)^t} / n_o) \ , \qquad (8.80)$$

де n_o – кількість років функціонування проекту, під час яких він окуповується.

Контрольні запитання до розділу

1. Які існують основні вимоги до технологічних процесів мех. обробки?
2. Що називають подетальною виробничою програмою?
3. Що зазначається на робочих кресленнях для проектування технологічних процесів обробки деталей?
4. Що зазначається на кресленнях складальних і загальних видів?
5. Що зазначається в специфікаціях деталей по кожному виробі?
6. Що включає проектування технологічного процесу механічної обробки деталей?
7. Що таке потокове виробництво?
8. Що являє собою потокова лінія?
9. Які основні ознаки має потокове виробництво?
10. Що називають конструкторськими передумовами?
11. Що називають технологічними передумовами?
12. Що називають організаційними передумовами?
13. Що називають матеріальними передумовами?
14. Що таке автоматичною лінією?
15. У чому полягає суть синхронних автоматичних ліній?
16. У чому полягає суть несинхронних автоматичних ліній?
17. У чому полягає суть комбінованих автоматичних ліній?
18. Для чого служить технологічна документація?
19. Що являє собою маршрутна карта?
20. Що являє собою операційна карта?
21. Що являє собою карта екскізів?
22. Що являє собою карта технологічного процесу?
23. Що являє собою технологічна інструкція?
24. Охарактеризуйте стадії процесу складання машин.
25. Щ таке технічне нормування праці?
26. Яке основне завдання технічного нормування праці?
27. Що являє собою робочий та підготовчо-заключний час?
28. Для чого служить хронометраж?
29. У чому суть економічного ефекту?
30. За якими показниками проводиться оцінка економічної ефективності технологічних процесів? Дайте їм характеристику.

РОЗДІЛ 9

ОСНОВИ АВТОРЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

9.1. Старіння автомобілів

Старінням автомобіля (його складових) називається процес поступової та необоротної зміни його властивостей і (або) стану, зумовлений структурними перетвореннями, які спричиняються дією механічних, електричних, теплових та інших навантажень, хімічними змінами в матеріалах, з яких виготовлені деталі, наявність яких визначається режимом роботи та умовами експлуатації автомобіля.

Під час експлуатації автомобіля мають місце фізичне зношування деталей, втрата втомної міцності їхнього матеріалу. Як під час експлуатації автомобіля, так і під час його зберігання відбуваються зміни, пов'язані з корозією та тратою жорсткості, структурні зміни й хімічні перетворення у металах, втрата деяких властивостей (наприклад, пружності, пластичності тощо). Процеси старіння завжди пов'язані з часом.

У зв'язку з цим, для розв'язання завдань ремонту необхідно знати закони старіння, які встановлюють залежність пошкоджень від часу. Наприклад, залежність товщини зношеного шару, величини залишкового прогину, площі або глибини пошкодженого корозією поверхневого шару від напрацювання. Використання цих закономірностей дає змогу прогнозувати втрату роботоздатного стану автомобілем і його складовими частинами.

Процес старіння механізму визначається процесами старіння усіх його деталей і порушенням їхнього взаємного розташування. Старіння деталі відбувається у результаті дії декількох руйнівних процесів і є результатом дії великої кількості чинників.

Зношуванням називається процес відокремлення матеріалу від поверхні твердого тіла і (або) збільшення його залишкової деформації під час тертя, що виявляється у поступовій зміні розмірів і (або) форми тіла. Знос є результатом зношування і визначається у встановлених одиницях (товщини шару, об'єму, маси).

Процес зношування зазвичай відбувається в три стадії. На стадії I (рис. 1.1) йде приробляння поверхонь деталей, які контактують, що займає незначний час t. При цьому зношування h змінюється нелінійно, h швидкість зношування висока, але поступово спадає. Стадія II є найтривалішою і характеризується стабільністю процесу. Швидкість зношування в цьому випадку невелика

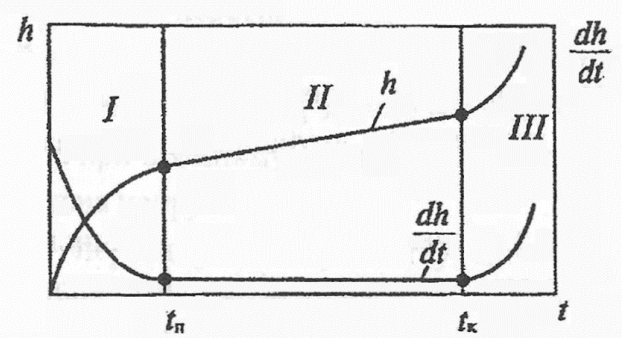


Рисунок 9.1 − Залежність зносу h і швидкості dh/dt зношування від часу роботи

й постійна. Стадія ІІІ – прискорене зношування, що характеризується швидкістю, що різко зростає: Причиною цього Є зміна умов тертя через зміну розмірів і форми поверхонь тертя.

Види зношування та їхня характеристика

Знання закономірностей зношування деталей залежно від різних факторів дає можливість свідомо керувати цими процесами під час експлуатації автомобілів.

Для кращого розуміння процесу зношування і визначення його закономірностей слугує класифікація зношування за групами і видами. Ці процеси визначаються ДСТУ 2860–94 (Надійність техніки. Терміни та визначення) та ДСТУ 2823–94 (Зносостійкість виробів тертя, зношування та мащення. Терміни та визначення):

Зносостійкість – властивість матеріалу чинити опір зношуванню за визначених умов тертя, яка оцінюється величиною, оберненою швидкості зношування чи інтенсивності зношування.

Швидкість зношування – відношення величини зносу до часу зношування.

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

Шлях тертя – відстань, що проходить точка поверхні тертя одного тіла по поверхні іншого тіла.

Зносостійкість залежить від виду, складу і структури матеріалу, твердості поверхневих шарів, шорсткості і технології обробки деталі, контактних зусиль, стану і наявності змащування у зоні контакту поверхонь тертя.

Відносна зносостійкість – безрозмірний показник, що характеризує співвідношення абсолютних величин зносу двох матеріалів, один з яких прийнятий за еталон.

Загалом розрізняють три групи зношування: механічне, корозійно–механічне і зумовлене дією електричного струму. Усі вони, своєю чергою, діляться на:

а) види механічного зношування:

– абразивне – виникає у разі наявності твердих частинок, що розміщені між поверхнями тертя (наприклад, зношування з'єднань тяг, ресор, деталей ходової частини);

– гідроабразивне та газоабразивне – це зношування під дією твердих частинок, що є у потоці рідини або газу;

– гідроерозійне та газоерозійне – зношування поверхні деталі під дією потоків рідини або газу (наприклад, деталі паливних, оливних, водяних насосів, гідропроводи гальм та гідропідсилювачів, поршні, поверхні камер згорання та гільз циліндрів, фаски клапанів);

– втомне – виникає зазвичай при терті кочення та ковзання унаслідок знакозмінних та пульсуючих навантажень з великим питомим тиском. Руйнування характеризується появою мікро- та макротріщин (наприклад, робочі поверхні підшипників, зубів шестерень);

– кавітаційне – це зношування поверхні твердого тіла в умовах кавітації (наприклад, лопаті гідронасосів, трубопроводи, канали форсунок).

б) види корозійно–механічного зношування:

– окислювальне – це зношування, зумовлене хімічною реакцією матеріалу деталі з киснем або окислювальною дією навколишнього середовища. На поверхні тертя утворюються оксидні плівки (окисли металів), які потім під дією механічних навантажень руйнуються, і цей процес повторюється (наприклад, циліндри двигуна, шийки колінчастих валів);

– фретінг–корозійне (контактне) – це зношування деталей, які дотикаються і мають відносно малі коливальні переміщення. На ділянках, які вражені фретінг–корозією, протікають процеси схоплювання, абразивного та втомно–корозійного руйнування. Фретінг-корозійного зношування зазнають болтові та заклепкові з'єднання.

в) зношування, зумовлене дією електричного струму:

електроерозійне – зношування під дією електричних розрядів (електрична дуга) при проходженні електричного струму (коротке замикання проводів).

Деформація деталі може бути оборотною (пружною) і необоротною, тобто залишковою. Виникає при появі напруги в матеріалі деталі. Якщо напруга, що виникає в матеріалі деталі, менша від межі його пружності, то матиме місце головно пружна деформація. Проте пружна деформація може супроводжуватися і залишковою деформацією, наприклад, при підвищених температурах. Залишкова деформація змінює розміри й конфігурацію деталі. Наприклад, у такої складної деталі, як блок циліндрів двигуна, змінюється положення осей посадочних отворів під гільзи, під вкладиші корінних підшипників колінчастого вала, а також з'являється викривлення і порушується положення оброблених поверхонь щодо технологічних баз, що призводить до зниження довговічності двигуна загалом.

Руйнування спричиняє повне розчленування деталі. Буває в'язким, крихким і втомним.

В'язке руйнування зумовлене дотичними напругами унаслідок значної пластичної деформації. Площина руйнувань розташована під кутом до напряму дії навантаження і збігається з напрямом дії дотичної напруги.

Крихке руйнування відбувається під дією нормальної напруги. Йому передує незначна пластична деформація і площина руйнування є перпендикулярною до напряму прикладання навантаження. Процес руйнування складається з двох стадій: у першій відбувається зародження тріщини, а в другій – її розвиток через весь перетин деталі.

Втомне руйнування деталей є результатом багатократної дії навантажень і відбувається при напрузі, значно меншій, ніж у разі одноразового навантаження. Тріщина при втомному руйнуванні зароджується у поверхневих, шарах, де діє максимальна напруга розтягу.

У міру ослаблення перетину темп розвитку тріщини посилюється і при певному залишковому перетині відбувається повне руйнування деталі.

Корозія – руйнування металів унаслідок їхньої хімічної або електрохімічної взаємодії з корозійним середовищем.

Ерозія і кавітація виникають при дії на метал потоку рідини, що рухається з великою швидкістю. На поверхнях деталей, що зазнають рідинної ерозії, утворюються плями, смуги, вимоїни. Таких пошкоджень зазнають деталі системи охолоджування двигуна, панелі кузова, що сприймають з боку коліс потік води, піску і дрібних каменів. Кавітаційне пошкодження металу відбувається тоді, коли порушується безперервність потоку рідини й утворюються міхури кавітацій. Міхури кавітацій, розміщені біля поверхні деталі, зменшуються в об'ємі з великою швидкістю, що призводить до гідравлічного удару рідини об поверхню металу. Зосередження в одному місці на поверхні металу великої кількості таких ударів і викликає утворення кавітаційних руйнувань у вигляді каверн діаметром 0,2 – 1,2 мм. Такого руйнування часто зазнають деталі системи охолоджування двигуна, гільзи циліндрів, посадочні поясочки блоків циліндрів під гільзу, патрубки тощо.

З часом або у міру зростання напрацювання в стані автомобіля (агрегату) наступає межа, після якої його використання стає недоцільним: автомобіль (агрегат) досягнув граничного стану.

Граничним станом автомобіля і його складових називається стан, при якому їхнє подальше застосування за призначенням неприпустиме або недоцільне, або ж відновлення неможливе або недоцільне. Так, наприклад, необхідність заміни оливи у картерах агрегатів пов'язана з досягненням оливами граничного стану при зміні їхніх мастильних властивостей; виконання регулювальних робіт зумовлюється досягненням граничних зазорів у спряженнях; заміна або ремонт деталі викликані зношуванням лише однієї її робочої поверхні до граничного розміру. Кількісні значення показників граничного стану встановлюються нормативно-технічною документацією.

Закономірність зношування сполучених деталей. На рис. 9.2 зображено зношування сполучених деталей, наприклад шатунної або корінної шийки колінчатого вала й вкладишів підшипника.

У зоні *А* спостерігається різкий підйом кривих наростання зношування. Це пов'язане із припрацюванням деталей. У цей період роботи велика кількість мікронерівностей деталей якби зішліфовуються. При цьому продукти зношування у великій кількості попадають у масло, постійно забруднюючи його. Зону *А* прийнято називати зоною припрацьовування. Зона *Б* характе–ризується більш плавним на–ростанням зношування. Сполучені

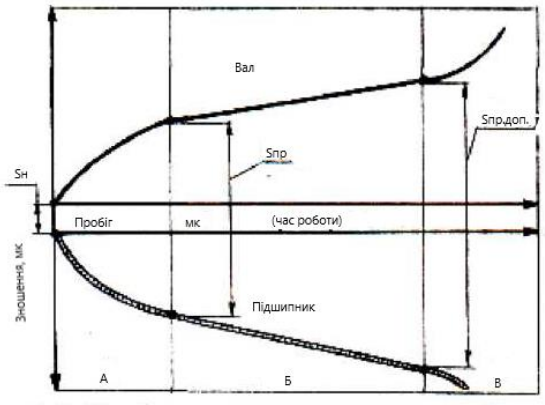


Рисунок 9.2 − Графік зношення спряжених деталей: *А* – зона приробляння; *Б* – зона нормальної роботи; *В* – зона прогресу–ючого зношування й аварійних поломок; $S_н$ – нормальний (заводський зазор), необхідний для утворення масляного клина; $S_{пр}$ – зазор наприкінці приробляння; $S_{пр.доп.}$ – гранично припустимий зазор

деталі через конструктивні особливості мають різну інтенсивність зношування й відповідно форму кривих зношування. Наприклад, вкладиші корінних і шатунних підшипників, виготовлені з більш м'якого, пористого матеріалу, зношуються набагато швидше, чим шийки валів.

Кінцеві ділянки кривих характеризують різке наростання зношення і являють собою зону прогресуючого зношування. У результаті значного збільшення зазорів між сполученими деталями погіршуються умови змащення, (нестійкий масляний клин), збільшуються ударні навантаження (супроводжувані підвищеним шумом при роботі), різко збільшується зношування деталей. Тому зону В називають іноді зоною аварійних поломок.

9.2. Надійність та зміна технічного стану деталей автомобілів у процесі експлуатації

Під надійністю техніки слід розуміти її властивості зберігати експлуатаційно-технічні якості й безвідмовно виконувати свої функції при експлуатації протягом встановленого заводом-виробником (або нормативного) пробігу.

Надійність – це комплексна властивість техніки і вона підрозділяється на більш прості складові: безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність і збереженість.

Під параметром розуміють деяку вихідну характеристику деталі, спряження, складальної одиниці або автомобіля загалом, яка приймається як один або декілька технологічних показників якості. Вихід значення параметра за межі граничного значення класифікується як відмова, якщо при цьому відбувається порушення роботоздатного стану об'єкта, тобто такого стану, при якому значення усіх параметрів, що характеризують його здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно–технічної і (або) конструкторської документації.

Відмови зазвичай бувають раптові й поступові. Раптові відмови характеризуються стрибкоподібною зміною значень одного або декількох параметрів об'єкта. Вони відбуваються у випадкові моменти часу, які точно прогнозувати неможливо, а можна лише передбачити або ж не передбачити ту чи ту подію з певною вірогідністю. Поступова відмова характеризується плавною зміною одного або декількох параметрів об'єкта. Наприклад, монотонне зростання зношування деталей циліндропоршневої групи двигуна, зниження паливної економічності й потужності. Поділ відмов на поступові й раптові має умовний характер. Наприклад, поступове зношування робочих поверхонь деталей коробки передач збільшує зазори й призводить до раптового самовимкнення передачі.

Складові автомобілів поділяються на такі, що підлягають ремонту, й такі, що йому не підлягають. Для перших в нормативно-технічній і (або) конструкторській документації передбачене проведення ремонтів, для других – не передбачене.

Надійність виробів зумовлюється їхньою безвідмовністю, довговічністю, ремонтопридатністю і схоронністю.

Безвідмовність – властивість об'єкта безперервно зберігати роботоздатний стан протягом деякого часу або напрацювання. Основними показниками безвідмовності є: вірогідність безвідмовної роботи (вірогідність того, що в межах заданого напрацювання відмова об'єкта не виникає); середнє напрацювання на відмову (відношення напрацювання відновлюваного об'єкта до середнього значення кількості його відмов протягом цього напрацювання); параметр потоку відмов (відношення середньої кількості відмов відновлюваного об'єкта за довільно мале його напрацювання до значення цього напрацювання).

Довговічність – властивість об'єкта зберігати роботоздатний стан до настання граничного значення при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту. До **основних показників довговічності** належать: середній ресурс (наприклад, середнє напрацювання до капітального ремонту, середнє напрацювання від капітального ремонту до списання); гамма–відсотковий ресурс (напрацювання, протягом якого об'єкт не досягне граничного стану із заданою вірогідністю у, вираженою у відсотках) та інші.

Ремонтопридатність – властивість об'єкта, що полягає у пристосовуванні до попередження і виявлення причин виникнення відмов, пошкоджень; у підтримці і відновленні роботоздатного стану шляхом проведення технічного обслуговування і ремонту. Ця властивість охоплює достатньо широке коло вимог до конструкції автомобіля, наприклад вимогу ремонтної технологічності. Під ремонтною технологічністю розуміють таке конструктивне й технологічне формування автомобіля, при якому врахована необхідність забезпечення мінімальних витрат праці і засобів на ремонт при забезпеченні призначеного ресурсу за термін його служби.

Схоронність (збереженість) – властивість об'єкта зберігати значення показників безвідмовності, довговічності й ремонтопридатності під час і після зберігання і (або) транспортування.

Під **збереженістю** мають на увазі властивість техніки зберігати справний і працездатний стан не тільки в процесі експлуатації, але й протягом усього можливого періоду зберігання (включаючи консервацію) або транспортування. При цьому крім технічного стану основних агрегатів і систем велика увага повинна приділятися стану кузовів, рам і кабін, які найбільш піддаються впливу агресивних атмосферних факторів.

Основною причиною, що впливає на надійність, є зношування деталей, вузлів, агрегатів і систем автомобіля, що виражається в руйнуванні поверхонь сполучених деталей, у порушенні їх первісних геометричних форм, обсягу, ваги тощо. Зношування деталей може бути природнім (при дотриманні всіх правил технічної експлуатації) і передчасним (при порушенні цих правил). Можливі також аварійні поломки, що залежать від конструкції, якості застосовуваних матеріалів і їх механічної й термічної обробки, різних заводських дефектів тощо.

9.2.1. Вплив сил тертя та фізичне старіння деталей

Одним з найважливіших факторів, що впливають на процес зношування, є вплив сил тертя між сполученими деталями. **Розрізняють тертя кочення й ковзання**.

Тертя ковзання найбільш характерне для основних вузлів і механізмів автомобіля (рис. 9.3). При пуску двигуна вал починає обертатися й масло, що подається у вузол тертя масляним насосом, налипає на вал і переміщається вниз у клиновидний зазор, де починає ущільнюватися, причому чим вища в'язкість і маслянистість масла, тем інтенсивніше проходить цей процес.

Коли частота обертання досягає певного значення, ущільнений шар масла переміщається під вал і піднімає його. При подальшому збільшенні частоти під валом стабілізується так званий масляний клин, а вал при роботі перебуває як би у зваженому стані. Зношування при цьому буде мінімальне.

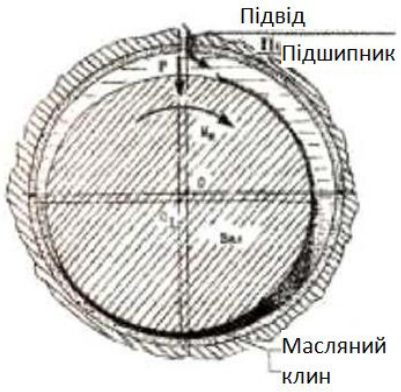


Рисунок 9.3 − Поперечний переріз шийки колінчатого вала

Таким чином, найбільш сприятливим проти зношування є рідинне тертя, для отримання якого необхідне дотримання наступних умов: між валом і підшипником повинен бути зазор, достатній для утворення масляного клина; в'язкість масла й подача масляного насоса повинні відповідати певним значенням; масло повинне подаватися в найменш навантажену зону вузла тертя; частота обертання колінчатого вала повинна бути не нижче певної норми.

Якщо частота обертання вала не досягла потрібного значення (наприклад, при частоті холостого ходу двигуна), то масляний клин буде нестійким, вал буде періодично торкатися підшипника (спостерігається як би посмикування двигуна) – такий вид тертя називається напіврідинним. При пуску ж двигуна вал лежить на підставі підшипника, між ними перебуває лише тонкий шар масла, тому в момент початку обертання вала зношування буде максимальним. Такий вид тертя самий несприятливий і називається граничним.

Особливо несприятливі умови експлуатації в зимову пору року. Один пуск холодного двигуна при низьких температурах, за даними досліджень, рівний по ступеню зношування десяткам кілометрів пробігу в нормальних умовах.

Тертя в механізмах колісних гальм і зчеплень в автомобілях, коли повністю відсутня яке-небудь змащення, називається сухим.

В інших вузлах тертя автомобіля, де не передбачене підведення масла під тиском, – між шестірнями газорозподілу, шестернями коробок переміни передач і головних передач, у різних шліцьових з'єднаннях, у карданних і кермових шарнірах, тощо – буде відбуватися граничне тертя.

Крім сил тертя, істотний вплив на зміну технічного стану автомобіля виявляють утома й корозія, які є як самостійними процесами старіння, так і складовими при зношуванні.

Втома – це процес руйнування деталі під дією багаторазово повторюваних знакозмінних навантажень, причому чим більше вони перевищують границю витривалості матеріалу деталі, тем інтенсивніше йде процес. При цьому більша частина руйнувань пов'язана з утворенням втомних тріщин.

Корозія – процес руйнування матеріалів внаслідок фізико–хімічної взаємодії із зовнішнім середовищем, тому корозійні ураження металів і починаються з поверхні, на границі метал–газове (або рідке) середовище.

9.2.2. Фактори, що впливають на довговічність і надійність машин

Надійність і довговічність техніки можна суттєво підвищити за рахунок удосконалення конструкції як агрегатів і систем, так і всієї техніки в цілому, а також якості матеріалів деталей і технології їх виробництва й складання. Великий вплив на інтенсивність зміни технічного стану виявляють якість пального, мастильних матеріалів, умови експлуатації, включаючи якість водіння й кваліфікацію водія та правильну організацію й виконання обслуговування й ремонту.

Новизна конструкції сучасної техніки у порівнянні із застарілими моделями, дозволяє у декілька разів підвищити надійність і ресурс пробігу. Це широке застосування блоків циліндрів зі змінними гільзами, використання гасителів крутних коливань, впровадження закритої системи вентиляції картера двигуна, що дозволяє зменшити розрідження масла й викид в атмосферу вуглеводнів і одночасно підвищує економічність двигуна.

Впровадження фільтрів з підвищеним ступенем очищення дозволяє знизити зношення різних систем і деталей в 1,5 – 3 рази. Безвідмовність однієї з найважливіших систем автомобіля – гальм, різко зростає за рахунок використання роздільного привода й двоконтурних приводів.

Застосування будь-яких нових конструкторських ідей у сучасних автомобілях – це постійний прогрес, спрямований на підвищення надійності, безвідмовності й економічності, зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище, на зручність керування й зменшення витрат на обслуговування й ремонт.

Якість матеріалу й технологія виробництва також впливають на зменшення зношування й підвищення надійності автомобілів, що виражається у виборі для кожної конкретної деталі оптимального матеріалу й покращення фізико–хімічних властивостей за допомогою найсучасніших способів, включаючи термічну обробку, цементацію, загартування струмами високої частоти, хромування тощо. Великий ефект дає використання легких сплавів на алюмінієвій і магнієвій основі. Це дозволяє не тільки знизити масу, але й покращити температурні режими роботи за рахунок високої теплопровідності цих матеріалів, що одночасно володіють і корозійною стійкістю (поршні,

головки блоку, картери агрегатів тощо). Усе ширше впроваджуються деталі із пластмаси, які за рахунок хороших антифрикційних властивостей можуть працювати практично без змащення.

Наукові дослідження й практика показали, що раціональне використання певних комбінацій матеріалів деталей у сполученнях в автомобільних конструкціях такі пари тертя, як загартована сталь і алюмінієвий сплав, загартована сталь і чавун, електролітичний хром і чавун, чавун з алюмінієвим сплавом.

На довговічність пар тертя впливає якість і точність виготовлення деталей, які повинні забезпечувати прилягання робочих поверхонь і стабільність необхідних зазорів у сполученні. Окрім покращення мікрогеометрії поверхонь (зменшення шорсткості) шляхом полірування, притирання, нанесення на поверхні деталей спеціальних припрацьованих покриттів тощо

Для забезпечення рідинного тертя з мінімальним зношуванням деталей за рахунок утворення у вузлі тертя стабільного масляного клина, масло повинне мати певну в'язкість і маслянистість (здатність молекул масла адсорбуватися або «прилипати» до поверхонь тертя). А з врахуванням різних температурних режимів роботи масло повинно мати стабільну в'язкість. Інакше при низьких температурах буде утруднений доступ масла у вузли тертя, збільшиться опір обертанню колінчатого вала двигуна при пуску, а при високих температурах таке масло, навпаки, не зможе забезпечити необхідну товщину масляного шару. Висока в'язкість викликає більші гідравлічні втрати в агрегатах трансмісії. У таких випадках при низьких температурах автомобіль буквально не може рушити з місця.

Недостатня «протиокислювальна» властивість приводить при низьких температурах до утворення мазеподібних відкладань, а при високих температурах – до лакоутворених відкладень. Саме тому в масла вводяться присадки, що дозволяють усунути вищевказані недоліки.

Свою частку в процес зношування вносить якість палива (для бензину: фракційний склад, детонаційна стійкість, корозійна агресивність, схильність до утворення відкладань у вигляді лаків і смол).

Для дизельного палива має велике значення його в'язкість, це – октанове число, відсутність механічних домішок.

Використання при низьких температурах бензину, що містить важкі фракції, приводить до утрудненого пуску й неповного згоряння робочої суміші. Крім того, незгоріле паливо змиває масляну плівку на циліндрах і розріджує масло в піддоні картера, що різко збільшує зношування деталей двигуна. Наявність лаків і смол у бензині при високих температурах приводить до закоксовування компресійних кілець, втрати ними пружності й пропуску газів, що викликає зниження потужності двигуна й перевитрату палива.

Використання бензину з високим змістом легковипарних фракцій при жаркому кліматі приводить до постійних зупинок двигунів через утворення у бензопроводах парових пробок – бензонасос не в змозі при цьому прокачувати й подавати паливо.

Для кожних конкретних кліматичних умов необхідно використовувати тільки відповідні сорти пального й мастильних матеріалів.

Змінний режим роботи, з більшою кількістю розгонів і зупинок,також приводить до прискореного зношування агрегатів і систем автомобілів. Наприклад, зношування накладок гальмових колодок у гірській місцевості зростає у 8 – 10 разів.

Не менший вплив на всі перераховані вище аспекти по підвищенню надійності й економічності автомобілів має правильне й своєчасне проведення технічного обслуговування й ремонту, яке має за мету зменшення інтенсивності зношування вузлів і деталей, відновлення втраченої працездатності й приведення в норму різних параметрів роботи автомобіля, підтримка зовнішнього стану автомобілів тощо.

Так, наприклад, несвоєчасність регулювання колісних гальмових механізмів і збільшення гранично допустимого зазору між накладками гальмових колодок і барабаном з 0,5 до 1,0 мм приводить до збільшення гальмівного шляху на 20 %.

Відхилення від норми кутів розвалу й сходження керованих коліс автомобіля й зниження тиску повітря в шинах спричиняє не тільки різке скорочення строку їх служби, але одночасно приводить до підвищення витрати палива, до погіршення стійкості автомобіля на дорозі на високих швидкостях.

9.3. Система ремонту автомобілів

Технічна політика у сфері підтримки роботоздатності автомобілів заснована на планово–попереджувальній системі технічного обслуговування і ремонту.

Плановий характер системи передбачає, з одного боку, планове проведення технічного огляду (ТО), що забезпечує попередження непередбаченої (аварійної) відмови автомобіля шляхом отримання інформації про його технічний стан, з іншого – допускає плановані напрацювання агрегатів автомобілів аж до їхнього ремонту, а також роботи при ремонті, що сприяє підвищенню ритмічності роботи ремонтних підприємств і покращенню умов їхнього забезпечення матеріалами, запасними частинами й іншими видами ресурсів.

Попереджувальний характер системи полягає в тому, що вона допускає проведення ремонту складових і автомобіля загалом до настання періоду прискореного зношування базових і основних деталей. Подальше використання базових і основних деталей, що досягли цієї стадії зношування, пов'язане з небезпекою аварій і неминуче призводить до збільшення об'ємів, складності і вартості ремонту.

Система ремонту автомобілів є сукупністю взаємодіючих засобів ремонту, виконавців, стратегії, технології і нормативно–технічної документації, що забезпечують роботоздатний стан рухомого складу. Система технічного обслуговування та ремонту автомобільного транспорту виконується згідно **«Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних**

засобів автомобільного транспорту» наказ Мінтрансу №102 від 30.03.1998 року та «Правил надання послуг з технічного обслуговування і ремонту автомобільних транспортних засобів», наказ Мінтрансу №792 від 11.11.2002 року.

Засоби ремонту включають виробничо-технічну базу (будівлі, споруди, устаткування), розміщену на автотранспортних і спеціалізованих підприємствах з ремонту рухомого складу. Вони характеризуються виробничою і організаційною структурами. Виробнича структура засобів ремонту як системи АРП відображає їхні функції, розміри, спеціалізацію і виробничі зв'язки із споживачами продукції і між собою. Виробнича структура окремого підприємства відображає характер, функції, розміри й взаємозв'язки виробничо–складських підрозділів. Організаційна структура засобів ремонту передбачає взаємодію підприємств і виробничих підрозділів відповідно до закріплених за ними функцій, способи оцінювання виконання цих функцій і права, що забезпечують можливість їхнього виконання.

Стратегія ремонту – це система правил, що однозначно визначають вибір рішення про зміст, місце і час виконання ремонтних робіт, або про списання автомобіля чи його складової.

Технологія ремонту – це сукупність методів зміни технічного стану автомобілів і їхніх складових під час ремонту.

Нормативно–технічна документація містить принципи, визначення, методи й норми, що дають можливість найефективніше розв'язувати завдання підтримки роботоздатності рухомого складу автомобільного транспорту.

Розрізняють два основні різновиди стратегій ремонту:

– за напрацюванням, коли об'єм розбирання виробу і дефектування його складових призначається єдиним для парку однотипних виробів залежно від напрацювання з початку експлуатації або після капітального (середнього) ремонту, а перелік операцій відновлення визначається з урахуванням результатів дефектування складових частин виробу;

– за технічним станом, коли перелік операцій, зокрема розбирання, визначається за наслідками діагностування виробу перед ремонтом (передремонтного діагностування), а також за даними про надійність цього виробу й однотипних виробів.

Досвід ремонту автомобілів показує, що заміна їхніх елементів за напрацюванням не забезпечує високої надійності і мінімальних витрат на підтримку роботоздатності рухомого складу через велику варіацію напрацювань елементів. Заміна за напрацюванням залежно від призначеної періодичності заміни може призвести або до значного недовикористання ресурсу елементу, або до його раптової відмови. Уникнути цього можна завдяки стратегії ремонту за технічним станом.

Залежно від призначення, характеру й об'єму виконуваних робіт розрізняють поточний, середній і капітальний ремонти.

Згідно «Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту» **поточний ремонт** (ПР) – ремонт, який виконується для забезпечення або відновлення роботоздатності

виробу і полягає в заміні і (або) відновленні окремих частин (може виконуватись заявочно або за результатами діагностування агрегатним, знеособленим та іншими методами). Він призначений для забезпечення роботоздатного стану рухомого складу з ремонтом або заміною окремих його агрегатів, вузлів і деталей (окрім базових), що досягли граничного стану. ПР забезпечує безвідмовну роботу відремонтованих агрегатів, вузлів і деталей на пробігу, не меншому, ніж до найближчого ТО–2. Поточний ремонт виконується за потребою, згідно з результатами діагностування технічного стану ДТЗ, або за наявності несправностей і призначений для забезпечення або відновлення його роботоздатності. Будь–який ремонт агрегатів належить до поточного ремонту ДТЗ. До поточного ремонту ДТЗ належать роботи, пов'язані з одночасною заміною не більше двох базових агрегатів (крім кузова і рами). Скорочення часу простою автомобіля досягається застосуванням агрегатного методу ремонту, при якому проводиться заміна несправних або таких, що вимагають капітального ремонту агрегатів і вузлів на справні, узяті з оборотного фонду. Оборотний фонд складових автомобіля може створюватися як безпосередньо на АТП, так і в обмінних пунктах, при регіональних центральних майстернях і ремонтних заводах.

Капітальний ремонт (КР) виконується за потреби згідно з результатами діагностики технічного стану і призначений для продовження строку експлуатації ДТЗ. КР – ремонт, який виконується для відновлення справності та повного або близького до повного відновлення ресурсу виробу із заміною чи відновленням будь–яких частин, у тому числі базових. Під час КР замінюють або відновлюють будь–які вузли й деталі, у тому числі базові. До капітального ремонту належать роботи, пов'язані із заміною кузова для автобусів та легкових автомобілів, рами для вантажних автомобілів або одночасною заміною не менш трьох базових агрегатів. До капітального ремонту причепів належать роботи, пов'язані із заміною рами.Для автомобілів і агрегатів передбачено, як правило, один капітальний ремонт. Базовою частиною легкового автомобіля і автобуса є кузов, вантажного автомобіля – рама. До базових деталей агрегатів належать: у двигуні – блок циліндрів; у коробці передач, задньому мосту, рульовому механізмі – картер; у передньому мості – балка переднього моста або поперечина незалежної підвіски; у кузові або кабіні – корпус; у рамі – повздовжні балки (лонжерони).

Централізований КР повнокомплектних вантажних автомобілів недостатньо ефективний у зв'язку з тим, що через малі виробничі програми й універсальний характер виробництва збільшуються транспортні витрати на доставку ремонтного фонду і відремонтованої продукції, автомобілі тривалий період не зазнають експлуатації. У зв'язку з цим, КР повнокомплектних автомобілів повинен здійснюватися головно для тих з них, які працюють в особливо важких дорожніх умовах при інтенсивній експлуатації. У цьому випадку КР автомобілів повинен бути максимально наближений до АТП і проводитися з використанням готових агрегатах, вузлів і деталей, що поступають у спеціалізовану майстерню в порядку кооперації з відповідних ремонтних заводів.

Якщо базова частина не потребує ремонту протягом призначеного терміну служби автомобіля (агрегату) до списання, то КР проводити не слід, а ресурс забезпечується шляхом заміни комплектів несправних агрегатів і вузлів на справні за рахунок оборотного фонду.

За характером поставлення на ремонт розрізняють плановий і неплановий ремонти.

Плановий ремонт – ремонт, поставлення на який здійснюється відповідно до вимог нормативно-технічної документації.

Неплановий ремонт – ремонт, поставлення на який здійснюється без попереднього призначення. Неплановий ремонт проводиться з метою усунення наслідків відмов.

За регламентацією виконання передбачаються ремонти: регламентований і за технічним станом.

Регламентований ремонт – плановий ремонт, що виконується з періодичністю і в обсязі, встановленому у експлуатаційній документації, незалежно від технічного стану виробу у момент початку ремонту.

Ремонт за технічним станом – плановий ремонт, під час якого контроль технічного стану виконується з періодичністю і обсягом, встановленим в нормативно–технічній документації, а обсяг і момент початку роботи визначаються технічним станом виробу.

За ознакою збереження належності складових до ремонтованого виробу розрізняють незнеособлений і знеособлений методи.

Не знеособлений метод – метод ремонту, при якому зберігається належність відновлених складових до того екземпляра, якому вони належали до ремонту. При цьому методі зберігається взаємна припрацьованість деталей, їхній первинний взаємозв'язок, завдяки чому якість ремонту, як правило, вища, ніж при знеособленому методі. Істотні недоліки незнеособленого методу ремонту полягають у тому, що при ньому значно ускладнюється організація ремонтних робіт і неминуче збільшується тривалість перебування виробу в ремонті.

Знеособлений метод – метод ремонту, при якому не зберігається належність відновлених складових до певного екземпляра. Зняті з автомобілів агрегати й вузли при цьому методі замінюються заздалегідь відремонтованими або новими, узятими з оборотного фонду, а несправні агрегати й вузли підлягають ремонту і йдуть на комплектування оборотного фонду. При знеособленому методі ремонту спрощується організація ремонтних робіт і значно скорочується тривалість перебування автомобілів і їхніх складових у ремонті. Економія часу досягається шляхом того, що об'єкти ремонту не чекають, доки будуть відремонтовані зняті з них агрегати й вузли.

Агрегатний метод – знеособлений метод поточного ремонту, при якому невправні агрегати замінюються новими або заздалегідь відремонтованими. Заміна агрегатів може виконуватися після відмови виробу або за планом.

9.4. Авторемонтні підприємства

Основним завданням ремонтних майстерень автомобільних підприємств є ремонт виробничого устаткування і поповнення парку дрібних і середніх запасних частин шляхом відновлення старих і виготовлення нових. Великі запасні частини, а також запасні частини, для обробки яких потрібні спеціальні верстати, повинні поставлятися зі сторони.

Підприємства автомобільного транспорту поділяються на **автотранспортні, авторемонтні та автообслуговуючі (сервісні).**

Автотранспортні підприємства (АТП) забезпечують виконання транспортного процесу, тобто перевезення вантажів або пасажирів, а також для забезпечення повсякденної діяльності виконують роботи з технічного обслуговування, поточного ремонту, збереження та матеріально–технічного забезпечення рухомого складу.

Підприємства автосервісу виконують роботи з технічного обслуговування та поточного ремонту, а також, частково, збереження автомобілів та забезпечення їх запасними частинами і експлуатаційними матеріалами. Такі підприємства не приймають участі у транспортному процесі і, як правило, не виконують поглибленого (з відновленням геометричних параметрів) ремонту агрегатів автомобілів. До підприємств автосервісу можна віднести досить велике коло комерційних об'єктів, які виконують вищезгадані функції у комплексі або тільки частину з них.

До таких об'єктів віднесяться бази централізованого технічного обслуговування автомобілів (БЦТО), станції технічного обслуговування автомобілів (СТО), майстерні (цехи, дільниці), автозаправні станції (АЗС), стоянки автомобілів, автовокзали і автостанції, мотелі, кемпінги тощо.

Бази централізованого технічного обслуговування виправдовують своє існування в умовах високої концентрації автотранспортних підприємств, забезпечуючи при цьому виконання найбільш трудомістких видів ТО та ПР, які потребують високотехнологічного обладнання. В деяких умовах такі вони вони стають найбільш прогресивними й перспективними підприємствами. До таких умов можна віднести нестачу оборотних коштів транспортних підприємств, нестабільність економічних відносин, відносно великі ціни на обслуговування, а, відтак, неможливість закупівлі необхідного дорогого обладнання для невеликих транспортних підприємств. Такі бази відіграють роль станцій технічного обслуговування вантажних автомобілів та автобусів, які належать як великим фірмам, так і приватним особам. Для баз централізованого технічного обслуговування велику роль відіграє планування виконання ТО та ПР автомобілів. Ця умова значно підвищує ефективність їх роботи.

СТО за типом рухомого складу поділяються на ті, які обслуговують легкові, вантажні, змішаний рухомий склад; за розміщенням – на міські та дорожні; за призначенням для виконання як окремих видів так і всього комплексу профілактичних та ремонтних робіт рухомого складу. СТО забезпечують позапланове виконання усіх видів ТО і ПР автомобілів і часто займаються продажою запасних частин, приладів та матеріалів.

За призначенням СТО поділяють на універсальні, спеціальні, гарантійні та фірмові. Універсальні станції пропонують виконання досить великого набору послуг за видами робіт з малою трудомісткістю. Спеціалізовані СТО пропонують послуги з виконання окремих видів робіт (шиномонтажні, кузовні тощо). Гарантійні станції виконують роботи з гарантійного обслуговування окремих марок автомобілів, а фірмові обслуговують автомобілі тільки певної фірми.

Майстерні (цехи, дільниці) спеціалізуються на певних видах ремонтних робіт як автомобіля в цілому, так і його складових частин, відновленні або виготовленні запасних частин.

Авторемонтні підприємства відносяться до спеціалізованих виробництв і забезпечують виконання капітального ремонту автомобілів у цілому або їх основних агрегатів (двигун, силова передача, шасі, кузов). Від майстерень вони відрізняються значно більшими обсягами виробництва і рівнем технологічних процесів.

Торгово–обслуговуючі підприємства (дилерські пункти) організовуються спільно з фірмами – виробниками для продажу через них певних моделей автомобілів і проводять передпродажне ТО, продаж запасних частин, усунення несправностей автомобіля у період гарантійного пробігу, а у деяких випадках і під час усього періоду експлуатації.

Внаслідок оснащеності підприємств автомобільної промисловості різноманітним устаткуванням до ремонтних майстерень пред'являють універсальні вимоги. Майстерні повинні мати устаткування, інструмент і склад робочих, необхідні для виконання різних завдань, що стоять перед цими майстернями.

Склад устаткування майстерень залежить від складності устаткування самого підприємства і від характеру й об'єму робіт, які проводяться силами і засобами підприємства. Авторемонтні підприємства можуть мати наступні дільниці: агрегатна (з урахуванням мийки агрегатів і вузлів); слюсарно–механічна; електротехнічна; ремонту приладів системи живлення; акумуляторна (з зарядною станцією); зварювальна; бляхарська; ковальсько–ресорна; арматурна; оббивна; деревообробна; таксометрова; радіо ремонтна.

Відповідно до номенклатури робіт, що виконуються ремонтними майстернями, до складу їх повинні входити такі відділення: механічне; слюсарне, ковальське; електроремонтне; зварювальне; інструментальне.

1. Механічне відділення. У цьому відділенні виконуються такі роботи:

– обточування валів; розточування циліндрів, вкладишів і корпусів підшипників, розточування шківів і муфт; заготовка зубчатих коліс; опорних роликів, поршнів; нарізування різьби деталей;

– свердління, зенкування і розвертання отворів в ремонтованих деталях, що виготовляються;

– стругання плит і рам, вкладишів підшипників, шпонок, плоских поверхонь деталей, що сполучаються;

– нарізування зубів зубчатих коліс, фрезерування шпонкових канавок, лисок.

2. Слюсарне відділення. Слюсарне відділення призначене для ремонту об'ємних деталей, що вимагають верстатної обробки.

У цьому відділенні виконуються такі роботи:

– розбирання машини;

– очищення і промивання деталей;

– огляд і сортування деталей;

– ремонт і слюсарна обробка деталей;

– збирання машин і апаратів;

– випробування машини.

Для розміщення деталей слід мати стелажі. Збирання ремонтованих машин і апаратів можна проводити на тому майданчику, де проводять розбирання. Для проведення обкатки і випробування відремонтованих машин необхідно виділити спеціальне місце, обладнане стендом для випробувань.

Для фарбування устаткування бажано виділити спеціальне приміщення або майданчик для того, щоб шпаклівку і попереднє фарбування проводити в ремонтній майстерні. У цьому випадку на місці установки устаткування проводять лише остаточне фарбування.

Ковальське відділення. У ковальському відділенні проводять ковальські роботи, пов'язані з виготовленням нових деталей і ремонтом зношених; у цьому відділенні проводять також термічну обробку деталей і інструментів.

Електроремонтне відділення. У цьому відділенні виконуються роботи із ремонту електроустаткування і мереж підприємства.

Електроремонтне відділення повинно мати таке устаткування: розподільний щит, піч для сушки електродвигунів, випробувальний стенд, верстат для намотування, верстат для балансування, вулканізатор для ремонту кабелів, слюсарний верстак з лещатами, обплітальну машину для виконання ізоляції на дротах, настільний вертикально–свердлильний верстат, ящик для просочення ізоляції лаком.

Для заряджання і підзаряджання акумуляторних батарей застосовують напівпровідникові випрямлячі та інше оснащення.

Зварювальне відділення. Зварка значно спрощує і прискорює багато робіт із ремонту, а у ряді випадків є основним засобом для їх виконання. Для ремонтних робіт в основному застосовується газова і електродугова зварка.

Для електродугової зварювання необхідно мати генератор для електрозварювання постійним струмом або зварювальний трансформатор для зварювання змінним струмом.

Газова або ацетилено–киснева зварка застосовується для зварювання відповідальних чавунних деталей як з попереднім підігрівом, так і без підігріву, під час ремонту деталей із сплавів кольорових металів, при зварці стальних деталей завтовшки менше 2 мм, при наварюванні і різанні металів.

Для здійснення газової зварювання необхідна відповідна апаратура, ацетиленові генератори (стаціонарний і переносний), інструменти і захисні пристосування (балони для кисню і ацетилену, редуктори кисневі і ацетиленові, шланги, рукоятки з наконечниками і різаки).

У зварювальному відділенні повинні бути встановлені низькі столи, що не згорають, стелажі або шафи для зберігання електродів, флюсів, інструменту і апаратури. У зварювальному відділенні проводиться також наплавлення поверхонь деталей твердими сплавами.

6. Інструментальне відділення. Це відділення призначене для:

– зберігання запасу інструменту і видачі його в індивідуальне і тимчасове користування;

– зберігання пристосувань і видачі їх в тимчасове користування;

– обліку витрачання інструменту і контролю за використанням і станом інструменту;

– ремонту і виготовлення інструменту і пристосувань.

Інструментальне відділення (комору) обладнують стелажами і шафами для інструментів. Стелажі повинні бути розділені на частини для кожного виду інструменту. Для інструментів, які зручно розміщувати у висячому положенні (фрези, ключі), слід виготовити спеціальні щити у вигляді вітрин або пірамід. В інструментальній коморі слід обладнати робоче місце для інструментальника (верстак, лещата, невелике точило для заточування інструмента).

Розміщення майстерень і схема розташування верстатів

На підприємствах великої потужності ремонтні майстерні розташовують в окремих будівлях, в яких зосереджуються всі цехи і відділення. На підприємствах малої і середньої потужності, як правило, ремонтні майстерні вбудовують у виробничі будівлі.

Розташування верстатів в ремонтних майстернях повинно відповідати вимогам охорони праці, техніки безпеки і експлуатаційним умовам обслуговування кожного верстата. Необхідно дотримуватись відповідних відстаней між верстатами і частинами будівлі (стінками, колонами), між рядами верстатів, ширину проходів і проїздів між окремими верстатами або рядами верстатів.

На рис. 9.4 приведена схема розташування окремих верстатів і групи верстатів з вказанням граничних відстаней. Кружком позначено місце робітника, який обслуговує верстат.

На рис. 9.4,а показано розташування дрібних верстатів з габаритами не більше 500×1000 мм і що не мають позаду рухомих частин.

На рис. 9.4,б і 9.4,в показано розташування великих і середніх верстатів залежно від місця знаходження робочого.

Н рис. 9.1,г – 9.4,з показані різні положення окремих верстатів біля стін і колон. Пунктиром показані рухомі частини верстатів.

На рис 9.4,и та 9.4,к показано групове розташування верстатів.

Для зручності роботи верстати встановлюють за ростом обслуговуючого їх робітника, тобто так, щоб відстань від лінії центрів або від площини столу верстата до очей робітника складала: для токарних верстатів 400 – 500 мм; великошліфувальних 500 – 600 мм; універсально–фрезерних 250 – 300 мм і поперечно–стругальних 350 – 400 мм.

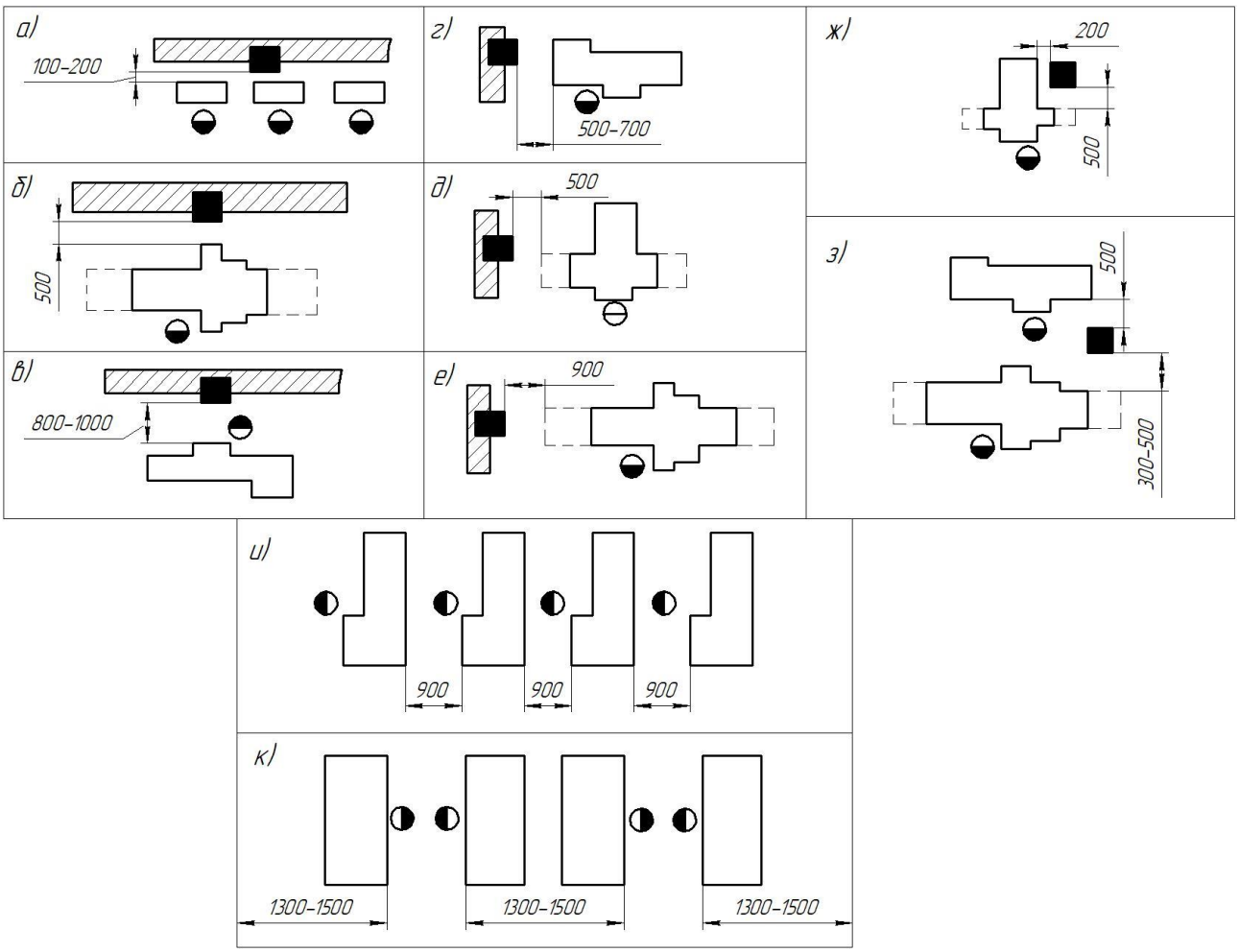


Рисунок 9.4 − Схема розміщення металорізальних верстатів

Окрім верстатного устаткування, ремонтні майстерні оснащені різного роду пристосуваннями, що полегшують ручні операції. До них відносяться пристосування, що застосовуються для розбирання і складання основних вузлів машин, різних деталей і кріплень; промивання деталей і очищення їх від корозії і накипу; заливки підшипників і втулок змаскою трьома способами (вручну, відцентровим і під тиском); правки і зварювання валів, а також для виконання інших ремонтних операцій.

Організація роботи майстерень

Для своєчасної і якісної роботи ремонтних майстерень проводиться планування робіт майстерень.

В основу планування роботи майстерні повинен бути покладений план планово-попереджувального ремонту устаткування. Переважно складають річний, квартальний і місячний план робіт майстерні з розбиттям по бригадах і виконавцях.

У періоди найменшого завантаження ремонтними роботами планують виготовлення запасних деталей, планово-попереджувальний ремонт

устаткування і інструменту самої майстерні. На виготовлення запасних деталей складають план виробництва запасних деталей.

Основними завданнями організації роботи майстерень є збільшення продуктивності праці і поліпшення якісних показників ремонту. Серед ряду чинників, що впливають на збільшення продуктивності праці, особливе значення має технічне нормування, засноване на широкому впровадженні передової техніки, максимальній механізації праці і впровадженні передового досвіду робіт.

У основу нормування робіт майстерні повинні бути покладені розрахункові, технічно обґрунтовані норми часу, потрібні для виконання ремонтних робіт і операцій, що становлять технологічний процес ремонту.

У нормах часу враховують так званий основний машинний час, підготовчий і завершальний час, а також специфіку і умови виконання робіт. Норми часу на ремонтні роботи повинні бути прогресивними і орієнтовані на передові методи і прийоми робіт. Вони періодично змінюються залежно від механізації процесів ремонту, оснащення майстерень устаткуванням, а також в результаті раціоналізації і вдосконалення прийомів роботи.

Роботи, що доручаються виконавцям, оформляють нарядом, в якому вказують найменування робіт і норму часу. Робота в ремонтних майстернях повинна бути тільки відрядною. Відрядна система оплати створює стимул до підвищення робочим виробітку, до кращого використання устаткування і інструментів, до вдосконалення процесів праці і випуску доброякісної продукції.

Інструмент і пристосування робочі одержують з інструментальної у встановленому порядку; переважно для цього видаються марки, по яких робочий і одержує інструмент.

Для безперебійної роботи ремонтних майстерень потрібне своєчасне і безперервне постачання основними і допоміжними матеріалами і запасними частинами. Без чіткої організації технічного постачання не може бути правильно організована виробничо–господарська діяльність підприємства.

Необхідно скласти докладний перелік вузлів і запасних частин, необхідних для забезпечення ремонтних робіт, і розробити графіки їх придбання. На запасні вузли і деталі даються заявки у встановлених формах з вказівкою їх кількості, технічних умов, яким повинні задовольняти вузли і деталі, а також термінів їх надходження.

Подачу заявок на запасні частини і матеріали і їх отримання доручають постачальницькому апарату, який стежить за отриманням, рухом і наявністю запасних частин і матеріалів відповідно встановленим нормам запасу і вживає заходи до їх завезення.

Всі матеріали і запасні частини поступають в матеріальний склад підприємства, звідки за вимогою виписуються в майстерню.

Функціональні зобов'язання обслуговуючого персоналу.

На посаду начальника цеху (виробництва) призначається особа, що має повну чи базову вищу технічну освіту бакалавр, фахівець, магістр), стаж роботи по професії (3–5 років) та має організаторські здібності. Він несе

відповідальність за своєчасне виконання виробничого плану, за роботу обладнання, а отже за своєчасну підготовку і здачу обладнання в ремонт та його проведення згідно затвердженого графіка. Він зобов'язаний знайомити обслуговуючий персонал із обладнанням, його складом і організовувати його навчання безпечної експлуатації і обслуговуванню з прийомом іспитів попередніх допуску до самостійної роботи. Начальник організує складання для кожного робочого місця інструкції з докладним викладом основних правил безпечної експлуатації і обслуговування; видає дозвіл на проведення газонебезпечних робіт і робіт, зв'язаних з підвищеною небезпекою для працюючого персоналу; організує приймання відремонтованого обладнання, підписує акти виконання роботи і несе відповідальність за обсяг виконаних робіт.

Начальник зміни несе відповідальність за дотримання правил техніки безпеки при експлуатації і обслуговування обладнання, здійснює контроль обліку часу роботи обладнання в зміні, фіксує основні параметри роботи обладнання, організує технічне обслуговування обладнання відповідно до діючої інструкції, веде журнал здачі обладнання в ремонт і приймання з ремонту, а також змінний журнал по обліку дефектів. У передремонтний період організує вивід обладнання з виробничого циклу; організує відбір проб газоповітряного середовища перед проведенням зварювальних і ремонтних робіт тощо

Механік цеху є особа, відповідальна за справний стан всього обладнання, комунікацій, будівель і споруд, що числяться на балансі цеху, і організовує та забезпечує його працездатність. На посаду механіка цеху призначається особа, що має повну чи базову вищу технічну освіту (бакалавр, фахівець, магістр) та стаж роботи по професії для фахівця чи магістра не менше 2–х, бакалавра – 3–х років. Механік цеху лінійно підкоряється начальнику цеху, функціонально – головному механіку підприємства.

У своїй діяльності механік керується: вимогами технічних оглядів обладнання, правилами технагляду, що діють правилами й інструкціями з питань охорони праці, промсанітарії і пожежної безпеки, чинним законодавством, указівками, розпорядженнями начальника цеху, посадовою інструкцією. Механік повинен знати: розпорядження, накази, методичні нормативні й інші керівні документи по організації ремонту обладнання, будівель, споруд, перспективи розвитку цеху; організацію ремонтної служби на підприємстві; єдину систему планово–попереджувального ремонту і експлуатації технологічного обладнання; технічні характеристики, конструктивні особливості, призначення, режим роботи і правила експлуатації обладнання; організацію і технологію ремонтних робіт, методи монтажу, регулювання і налагодження обладнання; основи технології виробництва продукції цеху; порядок складання паспортів на обладнання, інструкції з експлуатації, відомості дефектів, специфікацій і іншої технічної документації; правила здачі обладнання в ремонт і прийом після ремонту; організацію змащувально–емульсивного господарства; вимоги наукової організації праці при експлуатації, ремонті і модернізації обладнання; передовий вітчизняний і

закордонний досвід ремонтного обслуговування на підприємстві; основи економіки організації виробництва, праці і керування; основи трудового законодавства; правила і норми охорони праці, виробничої санітарії і пожежній безпеці; правила внутрішнього трудового розпорядку для працівників.

Робочим місцем виробничого персоналу є експлуатований один чи декілька апаратів (агрегат), машина, на яких виконується виробнича робота. Виробничий персонал повинний знати основні характеристики, пристрій і принцип роботи технологічного обладнання, механізмів і машин, техніку безпеки при роботі, а також характеристики і властивості речовин, отримуваних на обладнанні і технологічних схемах.

Перед початком роботи робітник, оператор або черговий слюсар зобов'язані прийти на роботу завчасно, ознайомитися з записами в журналі про проведені заходи і ремонти в попередніх змінах, а також із усіма роботами, що повинні продовжуватися по зміні. Прийняти наявність запасних частин, матеріалів і інструмента, докласти начальнику зміни про майбутнє виконання робіт відповідно до записів у журналі. Перевірити справність і відповідність спецодягу, індивідуальних засобів захисту. Приступити до виконання своїх професійних обов'язків і по закінченню зміни упорядкувати робоче місце, обтиральний матеріал зібрати в спеціальну шухляду. Допоміжне обладнання, пристосування, металовироби зібрати в місце, відведене для них.

Черговий слюсар підкоряється адміністративно – начальнику цеха, у технічному відношенні – механіку цеха, оперативно – начальнику зміни (майстру).

Черговий слюсар несе відповідальність: за виконання наказів, розпоряджень, доручених йому завдань; дотримання правил внутрішнього трудового розпорядку; збереження закріпленого за ним інструменту та пристосувань.

Під робочим місцем слюсаря–ремонтника розуміють не тільки складальний стенд або слюсарний верстат, на якому працює слюсар, але і всю зону обслуговування, закріплену за черговим слюсарем, також слюсарня, яка обладнана необхідним обладнанням, пристосуваннями, інструментом і матеріалами. Закріплення ремонтного персоналу за конкретним обладнанням переслідує ціль підвищити моральну відповідальність за своєчасне та якісне виконання функцій технічного обслуговування і ремонтних робіт, що забезпечує безперервну та надійну роботу.

При роботі безпосередньо на виділеній дільниці, слюсар повинен мати можливість користуватися пересувним верстатом, стелажем, візком з піднімальним пристроєм, переносною шухлядою для інструмента, металовиробів та іншого приладдя.

В якості піднімальних механізмів при виконанні ремонту використовують блоки, поліспасти, ручну таль з гачком, електричну таль, тельфер, домкрати гвинтові, зубчаті, рейкові, гідравлічні або пересувний кран. Для підйому використовують ланцюги, прядив'яні та стальні канати, стропи тощо.

9.5. Матеріально-технічні засоби для діагностики, ремонту та монтажу автомобілів

9.5.1. Вимірювальний інструмент

Контрольно-вимірювальні інструменти призначені для контролю правильності виготовлення, складання механізмів та вузлів, а також при дефектуванні. На сьогоднішній день їх є досить велика кількість та різновидність, тому розглянемо найбільш застосовані.

Мікрометр, зображений на рис. 9.5,а, призначений для визначення зовнішніх розмірів з точністю до 0,01 мм.

Штангенінструмент призначений для вимірювання зовнішніх і внутрішніх лінійних розмірів з точністю 0,1; 0,05 і 0,02 мм. На сьогодні широкого застосування набули електронні штангенциркулі (рис. 9.5,б).

Щупи (рис. 9.5,в) призначені для перевірки величини зазору між поверхнями; випускаються з сімома наборами пластинок товщиною від 0,03 до 1 мм.

Різьбометри (рис. 9.5,г) призначені для визначення кроку різьби на болтах, гайках і інших деталях. Різьбометри складаються з набору різних зубчатих пластинок, що калібрують ся. Підібравши пластинку, зуби якої точно зчіплюються з різьбою вимірюваної деталі, за вказівками, що є на кожній пластинці, визначають крок різьби або число ниток на 1"; відсутність або наявність світлових зазорів однакової ширини по всіх витках свідчить про хороше виконання різьби.

При необхідності вимірювання кута закручування деталей застосовується шкала дворотна рис. 9.5 д.

Для вимірювання товщини та биття гальмівних дисків автомобілів застосовуються спеціальні штангенциркулі (рис. 9.5,е) та індикатори (рис. 9.5,є).

Динамометричні ключі використовуються для закручування різьбових з'єднань з певним зусиллям, так званим моментом сили або моментом затяжки (рис. 9.5,ж).

Загалом на практиці для контролю різноманітних параметрів деталей та вузлів автомобілів використовується цілий ряд ручних та механізованих універсальних та спеціальних інструментів.

Колективом кафедри автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя запатентовано цілий ряд вимірювальних інструментів (патенти на корисну модель №12008, №43200А, №67260А, №23330, №24953, №24991, №33740, №39308, №46140, №53937, №5410, №75956, які широко використовуються в автомобільній галузі для контролю параметрів деталей автомобілів. Окремі запатентовані інженерні рішення представлено на рис. 9.6.



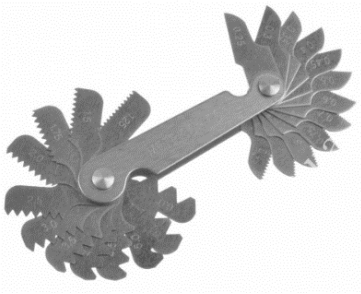
а)



б)



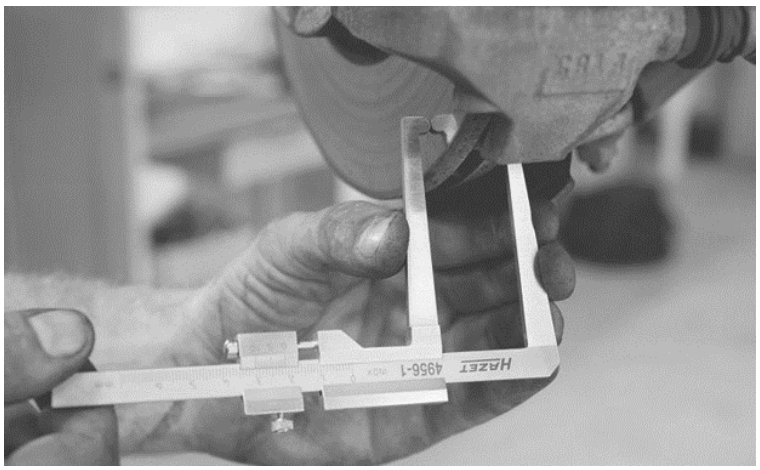
в)



г)



д)



е)

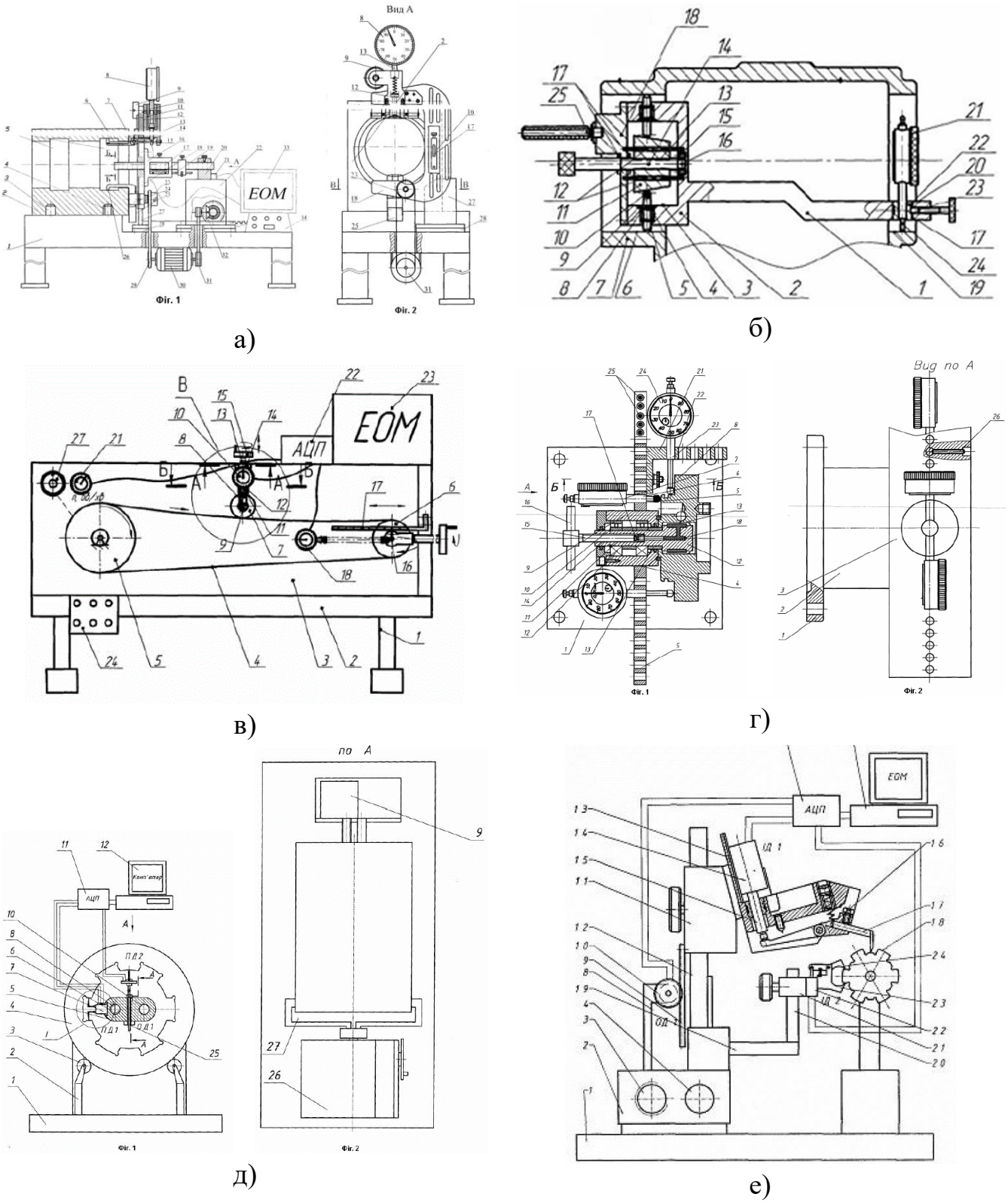


є)



ж)

Рисунок 9.5 − Вимірювальний інструмент:
а) – мікрометр; б) – штангенциркуль; в) – щуп; г) – різьбометр; д) – шкала дворотна; е) – штангенциркуль спеціальний; є) – індикатор;
ж) – динамометричний ключ



а) б)

в) г)

д) е)

Рисунок 9.6 – Вимірювальні інструменти:
а) мікрометричний нутромір [44]; б) контрольний пристрій для заміру співвісних отворів в корпусних деталях [28]; в) стенд для дослідження привідних пасів машин [75]; г) контрольний пристрій [29]; д) пристрій для контролю внутрішніх шліцевих поверхонь [62]; е) пристрій для контролю параметрів шліцьових валів [63]

9.5.2. Діагностичне та ремонтне обладнання

В автомобілебудуванні використовується значна різновидність діагностичного та ремонтного обладнання. Нижче наведено його окремі зразки.

Стенд для діагностики дизельних форсунок. Стенд ТК 1029–01 [94] призначений для випробувань і регулювання форсунок класичних (механічних) типів, а також форсунок Common Rail, включаючи п'єзо–механічних BOSCH, DENSO, DELPHI, SIEMENS. Застосовується для дизельних двигунів легкових, вантажних автомобілів, автобусів, дорожньої і будівельної спецтехніки. У цьому стенді (рис. 9.7 і рис. 9.8) застосовується програмне забезпечення МАКТЕСТ.



Рисунок 9.7 − Стенд ТК 1029–01 для ремонту дизельних форсунок

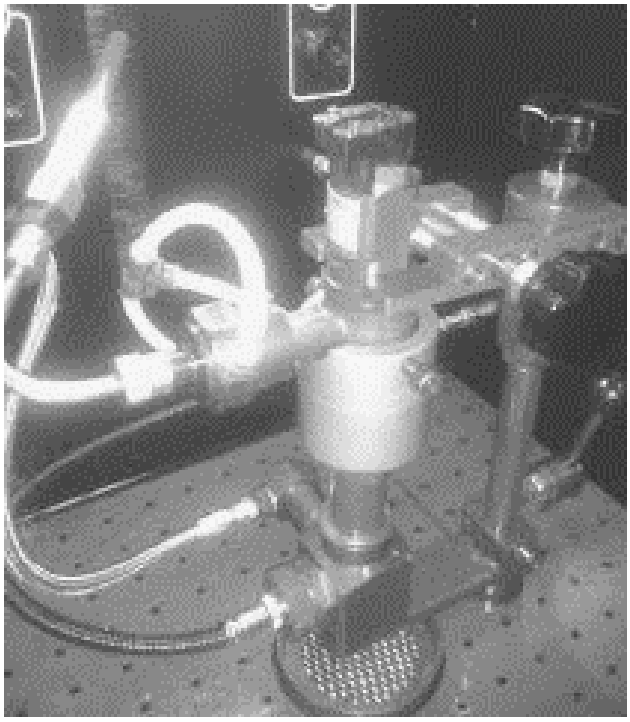


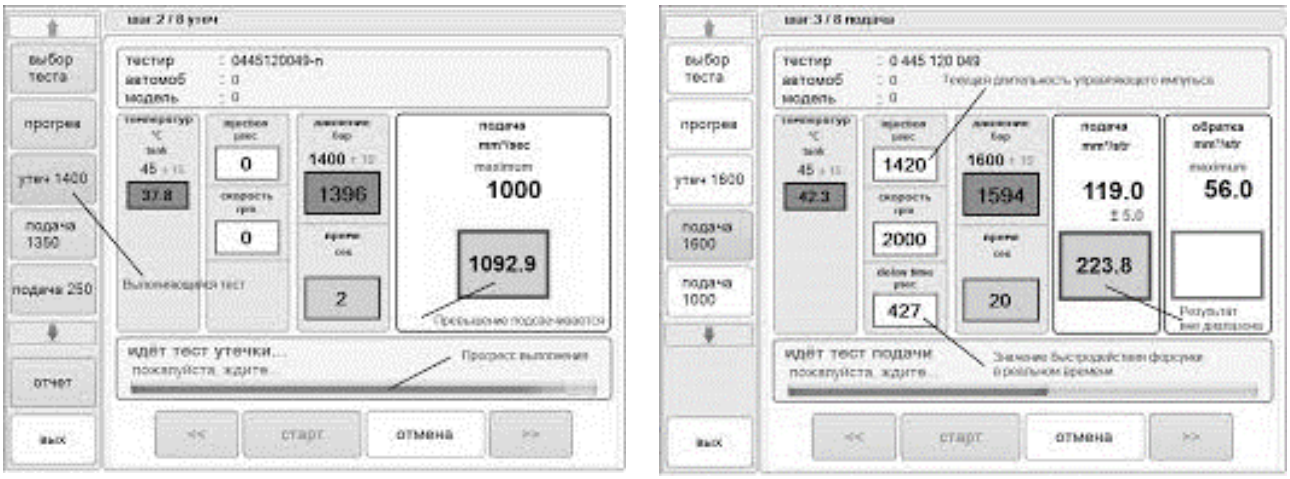
Рисунок 9.8 − Розміщення форсунки на стенді

Даний стенд дозволяє проводити тестування в повністю автоматичному або ручному режимі з виведенням результатів на друк.

Особливості даного обладнання:

1. Містить обновлювану базу тест–планів від виробника.
2. Високоточна електронна система вимірювання EFM
3. Затримка спрацьовування форсунки в реальному часі в процесі тесту
4. Можливість програмування режимів і створення тест–планів в автоматичному режимі.
5. Обмін тест–планами між користувачами по мережі.
6. Збережена база для користувача тест–планів.
7. Безкоштовне оновлення тестової програми і бази тест–планів
8. Технологія ремонту компонентів Common rail в комплекті з устаткуванням.

На даному стенді для діагностики застосовується програмне забезпечення МАКТЕСТ. Тест виконується або в автоматичному, або в ручному режимі за вибором користувача. Стандартний тест складається з восьми послідовних кроків, під час яких проводиться тестування форсунки на всіх режимах роботи. Під час тестування стенд визначає швидкодію і кількісні показники форсунки, після чого формується підсумковий звіт, фрагмент якого наведено нижче (рис. 9.9). Одним з найважливіших параметрів форсунки є її швидкодія.



а) б)

Рисунок 9.9 – Параметри тестування форсунок

Стенд для діагностики ПНВТ. На рис. 9.10 представлено стенд EPS 815 [93], який призначено для випробування і налаштування дизельних паливних насосів високого тиску і компонентів.

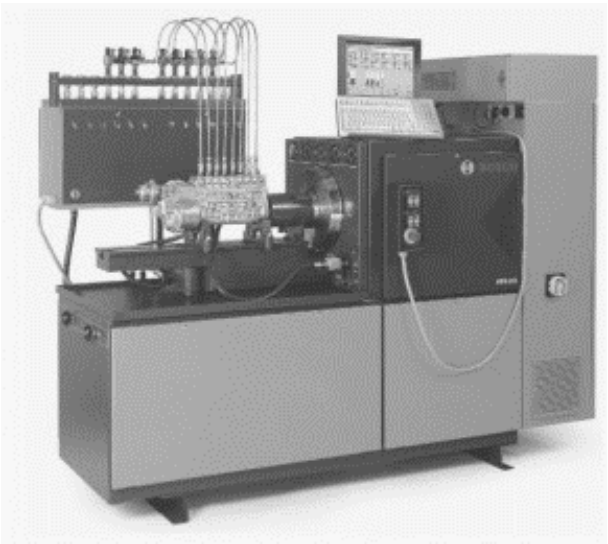


Рисунок 9.10 − Стенд для діагностики ТНВТ EPS 815

Стенд оснащено безступінчатим електронно–керованим приводом з регулюванням числа обертів. У ньому використовується електронне вимірювання кутів попереднього ходу плунжера і початку подачі палива.

Він може комплектуватися механічною (MGT) або електронною (КМА) системою вимірювання кількості палива, що подається.

MGT – механічна система вимірювання подачі палива із замкнутим контуром для зменшення тиску і розпорошення перевірочного палива, датчиком частоти обертання і вбудованим регулятором температури.

КМА – комп'ютерна система аналізу кількості палива, що подається. При використанні КМА постійно вимірюється кількість палива, що вприскується.

Стенд для діагностики підвіски. Стенд являє [95] собою коливальну платформу (рис. 9.11), забезпечену рядом датчиків. Дані про параметри роботи підвіски під час гойдання стенду надходять в комп'ютерну програму. Там вони порівнюються з еталонними значеннями.

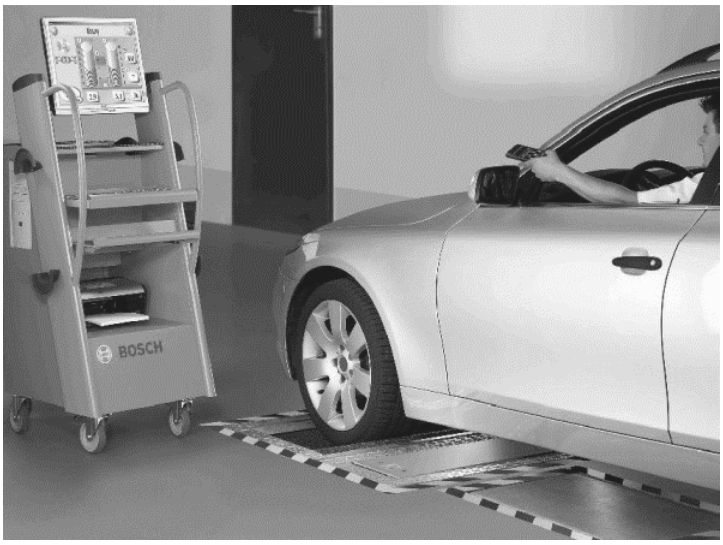


Рисунок 9.11 − Стенд для діагностики підвіски автомобіля BOSCH SDL 260

Вібростенд створює не просто коливання, а проводиться імітація навантаження, що відбуваються з підвіскою автомобіля при русі по дорозі. На установці джерелом коливань виступає вібратор,який може мати або електричний, або гідравлічний привід. Сучасні діагностичні системи комплектуються саме такими вібраторами.

Діагностичний стенд має власний привід, обертаючи колеса авто за допомогою спеціальних валів. Ці пристрої, крім безпосередньо обертання, допомагають створити коливання з потрібними параметрами.

Найбільш сучасні моделі вібростендів можуть імітувати бічне кочення. Це дає можливість тестувати кульові опори і ступичні підшипники.

Вібростенд забезпечений рядом датчиків. Під час випробування підвіски за допомогою вібрації вони фіксують різні параметри. Однак абсолютні значення вимірюваних фізичних величин не завжди зможе розшифрувати навіть досвідчений діагност. Тому застосовується метод порівняння з еталонними параметрами підвіски справного автомобіля.

Дані про хід тесту виводяться на монітор вібростенда (рис. 9.12). Ряд моделей діагностичного обладнання володіють анімованим програмним забезпеченням.

При діагностиці отримуються наступні вимірювання:

1. Перевірка відведення коліс передньої і задньої осі від осі руху.

2. Перевірка коефіцієнта зчеплення з дорогою всіх коліс автомобіля, працездатність всіх амортизаторів.

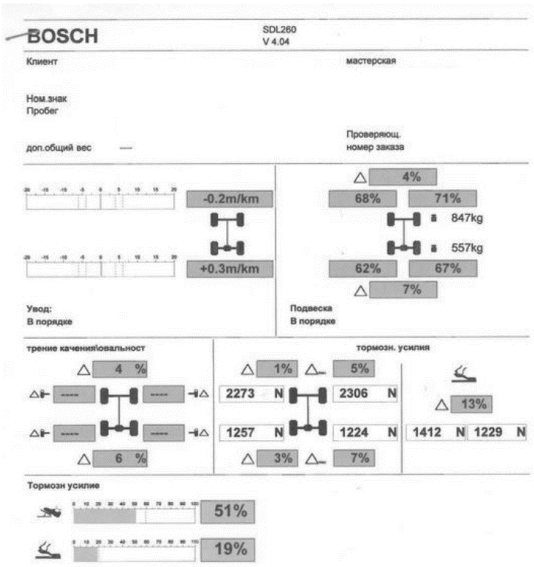


Рисунок 9.12 − Протокол вібродіагностики

3. Перевірка гальмівної системи, яка проводиться в декількох режимах, що дозволяє обчислити биття при гальмуванні гальмівних дисків і барабанів, гальмівне зусилля кожного колеса, загальне гальмівне зусилля, гальмівне зусилля при гальмуванні ручним гальмом.

Стенд для діагностики розвалу-сходження коліс автомобіля. Стенд [104] для перевірки кутів установки коліс (рис. 9.13) призначений для вимірювання та регулювання параметрів ходової частини легкових автомобілів та мікроавтобусів вітчизняного і закордонного виробництва. Завдяки використанню в конструкції стенду вузькоспрямованого променя точність вимірювання є удвічі більшою, ніж у оптичних аналогів. Стенд виконаний в модифікації, яка дозволяє виконувати регулювання параметрів коліс без спеціальних підйомних пристроїв.



Рисунок 9.13 − Стенд розвал–сходження HUNTER HTA–MB WA360–HE421FC

Стенд дозволяє здійснювати перевірку і регулювання наступних основних параметрів установки коліс: сходження передніх коліс; розвал передніх коліс; поздовжній нахил осей поворотних стійок передніх коліс; поперечний нахил осей поворотних стійок передніх коліс; різниця і неузгодженість кутів розвороту передніх коліс; центровка рульового колеса; взаємне положення осей передніх і задніх коліс; зміщення коліс і вигин осей коліс на передньому і задньому мостах.

Стенди для розбирання стійок. Одним із складних і небезпечних процесів ремонту є розбирання та збирання стійок підвіски. При виконанні цієї роботи зазвичай використовується гвинтовий знімач. Але при роботі з ним необхідно саму стійку кріпити на верстаті тисами. Це може привести до виходу

з ладу амортизатора стійки чи хоча б до пошкодження лакофарбового покриття, що в свою чергу буде осередком корозії. Також лапки гвинтового знімача можуть злетіти з витків пружини стійки і привести до травмонебезпечної ситуації. До того ж продуктивність робіт з використанням гвинтового знімача дуже низька.

Тому використовують стенди для розбирання стійок підвіски, прикладом якого є Kompact 3000 PRO [100], зображений на рис. 9.14.

Даний стенд призначений для розбирання амортизаторів легкових автомобілів, позашляховиків і вантажівок. Завдяки комплекту спеціальних фланців (чашок) підходить для більшості пружин амортизаторів. Захисні огородження виключають можливість зміщення пружини при її стисненні, забезпечуючи безпеку працівників.

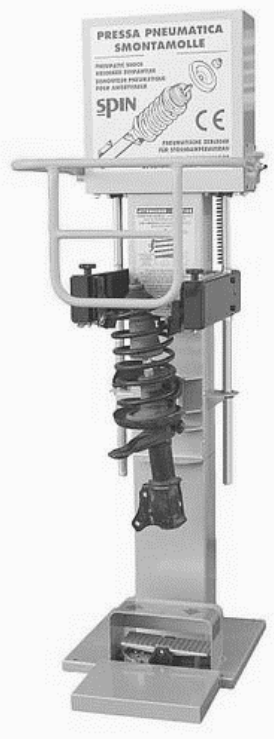


Рисунок 9.14 − Стенд для розбирання стійок SS0010 KOMPACT 3000 PRO

Стенд для діагностики гідропідсироювача керма. Стенд MSG MS604 [47] (рис. 9.15) являє собою установку для первісної діагностики та післяремонтного тестування одно– та двоконтурних насосів гідро підсилювача кермового управління. Обладнання на різних обертах, в умовах, максимально наближених до реальних, вимірює робочі параметри тиску і потоку насоса. Дає можливість визначити протікання, зношення корпусу, гул і зависання редукційного клапану. Високотехнологічний пристрій, що дозволяє проводити діагностичні роботи з будь–якими різновидами гідропідсилювача керма автомобіля.

Стенд MSG MS604 має наступні властивості: можливість перевірки насосів на різних режимах роботи (різних обертах); можливість проведе–ння діагностики та випробувань усіх видів насосів; простий і зрозумілий інтерфейс, зручність в експлуатації; висока якість, надійність, довговічність.



Рисунок 9.15 − Стенд для перевірки насосів ГПК MSG MS604

9.5.3. Такелажні механізми і пристосування

Канати та стропи

Прядив'яні канати застосовуються для виготовлення відтяжок і переміщення легких деталей. Випускають прядив'яні канати двох виглядів: більні і смольні; більні виготовляють зі звичайної прядив'яної пряжі, а смольні – з пряжі, просоченої гарячою смолою. Більні канати м'якші, гнучкіші і міцніші смольних, але вбирають вологу і швидко гниють. Смольні канати надійніші в експлуатації.

Через недостатню міцність не рекомендується користуватись прядив'яними канатами при підйомі важких відповідальних деталей, а також в підйомних механізмах з машинним приводом. В основному прядив'яні канати застосовують як відтяжки для вантажів, що піднімаються і для застроплювання (прив'язування) невеликих вантажів.

Стальні канати виготовляють із стального дроту, який на спеціальних машинах звивають в пасма, пасма і стрінги, стрінги – в канат; іноді пасма звивають безпосередньо в канат. Канат складається з круглих дротяних пасм (рис. 9.16), які розташовані навколо прядив'яного сердечника, що слугує для додання канату гнучкості, еластичності і кращого опору динамічному навантаженню, а також для поглинання мастила, що оберігає дроти пасм від корозії.



Рисунок 9.16 –Стальний канат

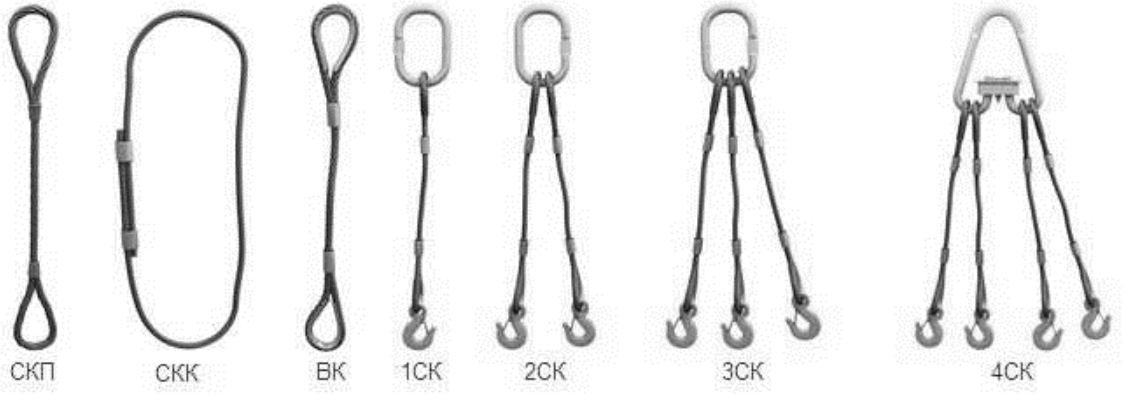
Стальні канати, що були у вживанні, потрібно ретельно оглянути, чи немає в них розірваних дротів. Якщо в канаті розірвано більше 10% загальної кількості дротів, то не можна використовувати його для відповідальних підйомів. Діаметр каната повинен бути в 16 разів, а діаметр його дротів у 250–450 разів менше, ніж діаметр блоку або барабана лебідки підйомного механізму.

У процесі експлуатації для запобігання корозії, а також зменшення тертя між канатом і блоком або барабаном канат слід змащувати не рідше одного разу в 1 – 1,5 місяця і зберігати його обов'язково в змащеному вигляді на дерев'яному настилі або на дерев'яних опорах.

Стропи застосовують для захоплення вантажу і підвішування його до гака блоку підйомного механізму. Стропи являють собою шматки канатів або ланцюгів з кінцями, що мають форму петель, отриманих згинанням канату навколо стального жолобчастого сердечника (коуша) (рис. 9.17). Коуші служать для запобігання канату від зношення в результаті перегинання його в петлях (рис. 9.18).



а)



б)

Рисунок 9.17 − Види стропів: а) текстильні; б) ланцюгові та канатні

Закріплення вільних кінців канату в петлях і з'єднання канату (зрощення) проводять зажимами, які забезпечують швидке і надійне з'єднання кінців канату, легко змінюване при необхідності в процесі роботи; встановлюють зажими послідовно, починаючи від коуша.

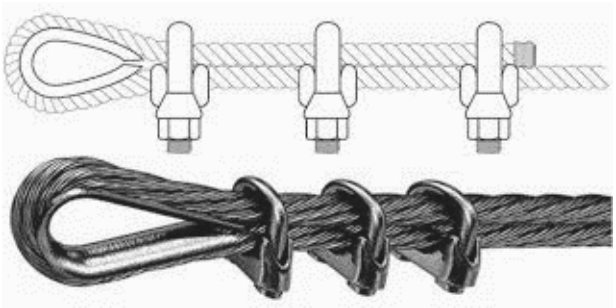


Рисунок 9.18 − Коуш для троса

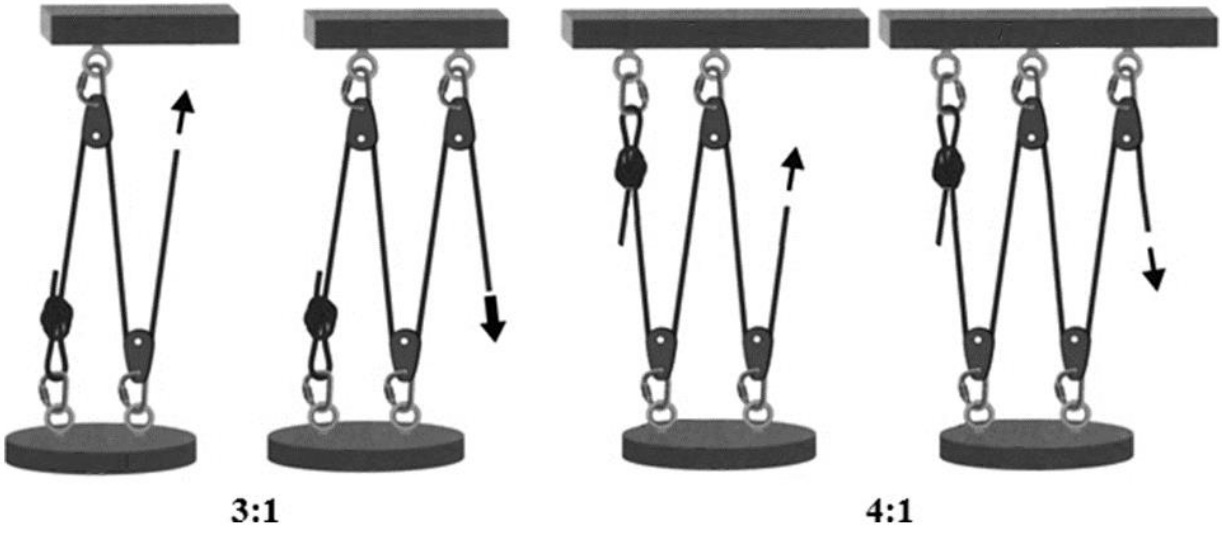
При встановленні зажимів слід уникати їх надмірного затягування, щоб не порушити форми канату, причому, затягування слід проводити послідовно в кілька прийомів.

Блоки і поліспасти

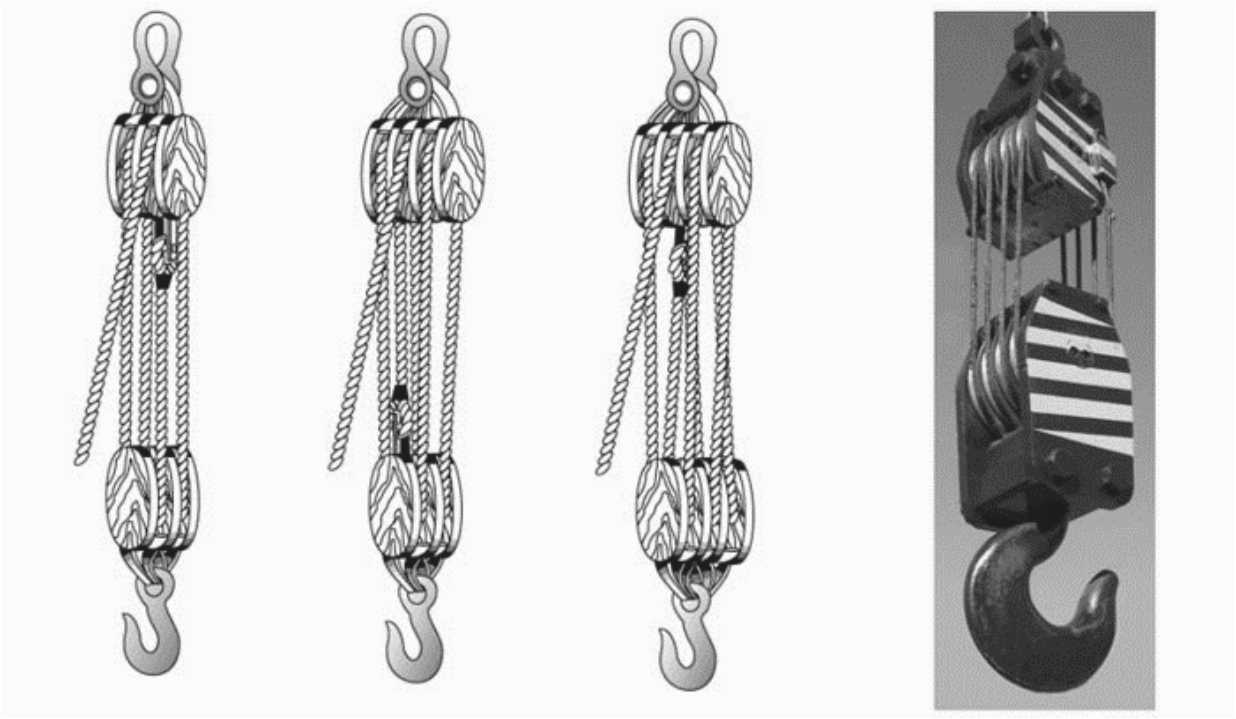
Блоки (рис. 9.19,а) призначені для зміни напрямку руху каната або для зменшення сили, необхідної для переміщення вантажу.

Відповідно до кількості роликів блоки називаються одноролікові, двохроликові, трьохроликові тощо. Два блоки, оснащені канатом, називаються поліспастом (рис. 9.19,б). Блоки виготовляють різної вантажопідйомності – від

1 до 50 т. Максимальна вантажопідйомність блоку зазвичай вказується заводом–виробником цифрою, вибитою на його гаку або сережці.



а)

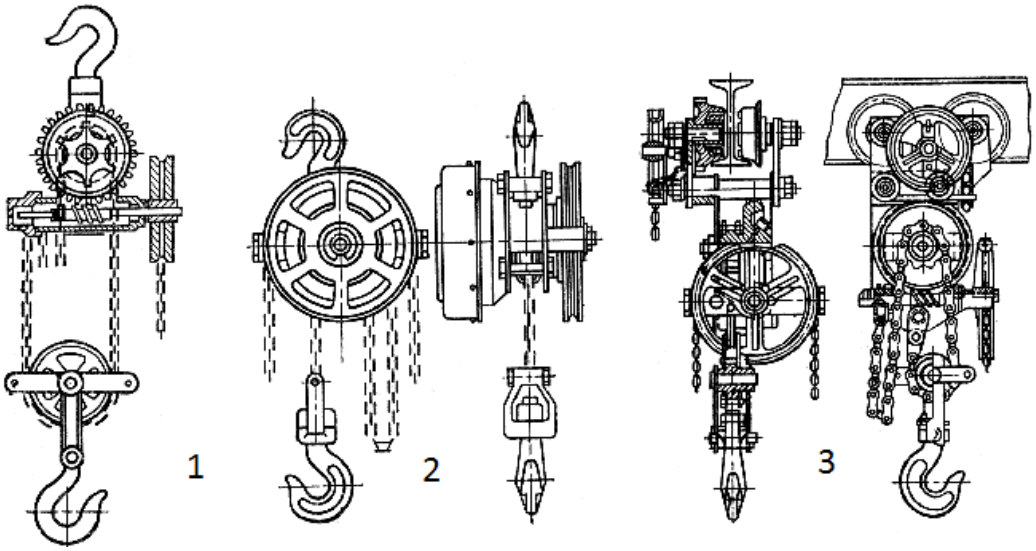


б)

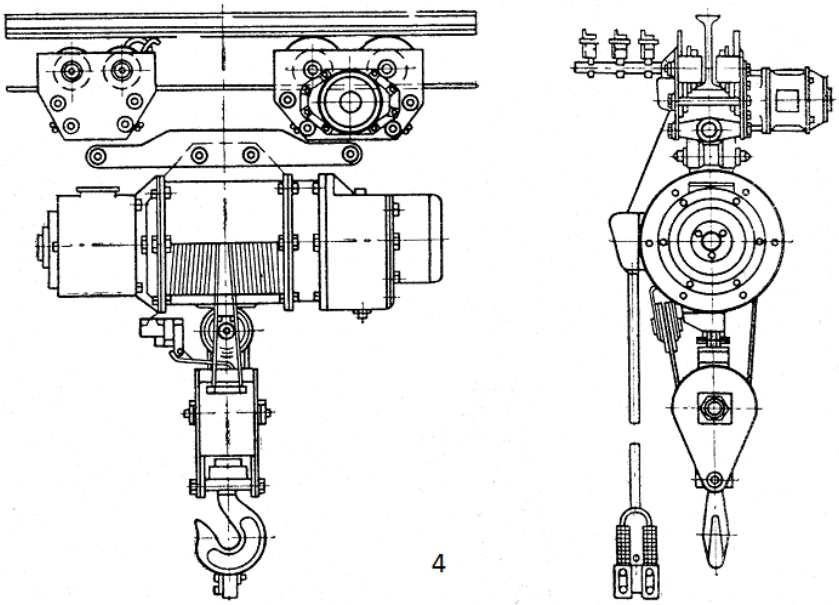
Рисунок 9.19 − Блоки (а) і поліспасти (б)

Талі

Талі (рис. 9.20) являють собою вантажопідйомний механізм, який використовується для підйому вантажів на невелику висоту, а також для їх горизонтальних переміщень. Залежно від виду приводного механізму талі діляться на дві основні групи: з ручним приводом (рис. 9.20,а) і з електроприводом (рис. 9.20,б).



а)



б)

Рисунок 9.20 − Талі: а) з ручним приводом; б) з електроприводом

Талі з ручним приводом виконують з гвинтовою або черв'ячною передачею без механізму для пересування (див. фіг. 1 рис. 9.20,а), з зубчастою шестеренчастою передачею (див. фіг. 2 рис. 9.20,а) і з механізмом для пересування (див. фіг. 3 рис. 9.20,а). Черв'ячні талі виготовляють з каліброваним ланцюгом вантажопідйомністю від 0,5 до 5 т і з пластинчастим ланцюгом вантажопідйомністю від 7,5 до 10 т. Шестеренчасті талі виготовляють вантажопідйомністю від 0,1 до 20 т. Талі з електроприводом (див. фіг. 4 рис. 9.20,б) виготовляють вантажопідйомністю від 0,25 до 5 т. Талі забезпечують автоматичне самогальмування і надійне утримування вантажу на будь–якій висоті при припиненні дії тягового зусилля. Крім того, талі мають пристрій, що запобігає мимовільному спаданню ланцюга і заклинюванню його між зірочкою і обоймою.

Домкрати

Домкрат – це механізм, в якості основної функції якого виступає підняття та фіксація вантажів на висоті. У ролі відмінності даного пристрою від інших підйомних механізмів за типом кранів і лебідок можна виділити можливість розташування обладнання знизу, а не зверху, що виключає необхідність використання допоміжних канатів, ланцюгів і споруд.

Домкрати підбираються за наступними характеристиками:

– вантажопідйомність, яка характеризує максимально можливу вагу вантажу, що піднімається;

– висота підхвату являє собою мінімальну висоту з якої починається підйом автомобіля. Домкрат повинен вільно поміщатися і встановлюватися на своє робоче місце під днищем автомашини з урахуванням того, що навантажений автомобіль має певне просідання;

– висота підйому. Домкрат повинен піднімати автомобіль на таку висоту, щоб можна було безперешкодно виконувати необхідні ремонтні роботи. Рекомендується підбирати домкрат з невеликим запасом по висоті, щоб враховувати вільний хід амортизаційної системи і зручність виконання робіт;

– тип приводу (механічний, гідравлічний, пневматичний);

– вага домкрату в робочому стані, його мобільність.

Домкрати бувають механічного типу (рис. 9.21,а і рис. 9.21,б), гідравлічні (рис. 9.21,в – рис. 9.21,д) та пневматичні (рис. 9.21,е і рис. 9.21,є).

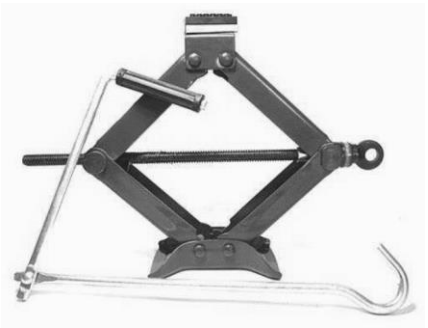
Механічні домкрати – це прості, надійні і компактні пристрої. Володіють хорошою мобільністю, але невеликою вантажопідйомністю. За конструкцією автомобільні механічні домкрати поділяються на рейкові та гвинтові.

Рейкові домкрати (рис. 9.21,а) складаються з основної вертикальної стійки з зубцями зачеплення, по якій переміщається підйомна рейка за допомогою важеля або шестеренної передачі. Для утримання вантажу в піднятому положенні є фіксатор. Різні види рейкових домкратів застосовуються не тільки для ремонту автомобілів, але і для підйому різних вантажів в депо, на складах і будівництвах. У зв'язку з цим вони бувають різних розмірів і вантажопідйомності. Основною перевагою таких домкратів є можливість піднімати низько розташовані вантажі. До мінусів рейкових домкратів відноситься: невелика площа опори, що обумовлює певну нестійкість піднесеного автомобіля і вимагає застосування додаткових пристроїв, які фіксують його положення; необхідність використання спеціальних виїмок в днищі автомобіля для установки наконечника підхоплення або лапки підйомної рейки; незручні габарити і вага.

Гвинтові домкрати. Підйом вантажу в гвинтових домкратах відбувається за рахунок перетворення обертального руху гвинтового штока в поступальне переміщення підйомної площини. Широко поширені ромбічні автомобільні домкрати (рис. 9.21,б), що складаються з чотирьох плечей, шарнірно з'єднаних на кінцях і утворюють рухливий ромб. Горизонтальна діагональ ромба є гвинтовий шток, при закручуванні якого протилежні кути розгортаються і наближаються одна до одної. При цьому по вертикальній діагоналі,



а)



б)

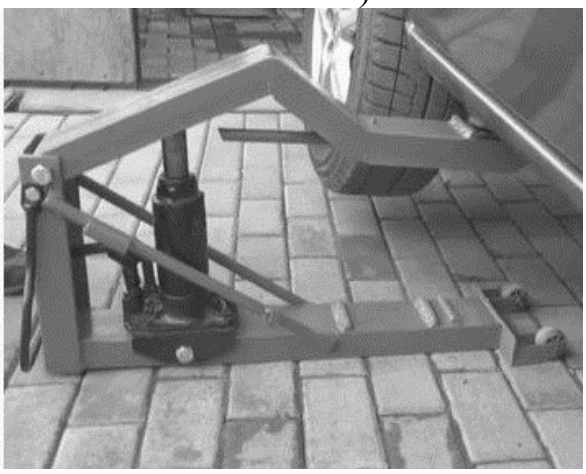


в)



г)





д)



е)



є)

Рисунок 9.21 − Томкрати: а), б) механічні; в), г), д) гідравлічні; е), є) пневматичні

на кінцях якої встановлено опорна п'ята і підйомна лапка, відбувається їх видалення один від одного. Підйомна лапка має проріз для ребра жорсткості на днище автомобіля, під який встановлюється домкрат при підйомі. Ромбічні домкрати мають хорошу стійкість і високу надійність роботи, добре підходять для легкового автомобіля. У порівнянні з рейковим домкратом ромбічний домкрат має невелику висоту підйому.

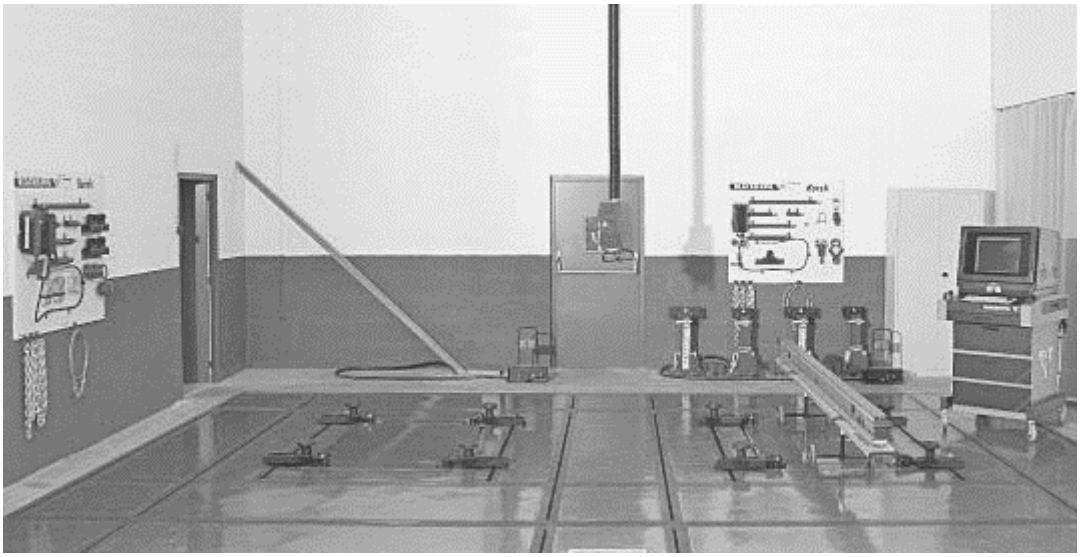
Гідравлічні домкрати. Робочий тиск рідини в автомобільному гідравлічному домкраті може створюватися вручну за допомогою рукоятки насоса або електричним компресором. За конструктивним виконанням розрізняють вертикальні циліндричні (рис. 9.21,в) та підкатні (рис. 9.21,г і рис. 9.21,д) домкрати. Останні з них встановлені на коліщатках і завдяки своїй мобільності і швидкодії широко застосування на СТО та автомайстеренях.

До переваг гідравлічних домкратів відносяться: високі показники вантажопідйомності при невеликих розмірах; велике значення ККД; плавне переміщення підйомного механізму; великий коефіцієнт передачі зусилля. Недоліками автомобільного гідравлічного домкрата є: невелика підйомна висота; потрібне постійне технічне обслуговування; недовгий термін служби і дороге відновлення.

Пневматичні домкрати (рис. 9.21,е і рис. 9.21,є) являють собою надувну подушку, накачувану стисненим повітрям або вихлопними газами. Він має високу стійкість за рахунок великої площі опори. Для підйому вантажів пневматичний автомобільний домкрат потребує подачі повітря або газів під високим тиском. Під тиском повітря, що подається камера швидко надувається і піднімає автомобіль. У порівнянні з іншими типами домкрат пневматичний автомобільний забезпечує найменші трудовитрати для виконання підйомних робіт. До переваг пневматичних домкратів відносяться: пристосованість до будь–яких умов і станом ґрунту або дорожнього полотна; простота установки домкрата; хороші показники вантажопідйомності; досить високий підйом; можливість установки в будь–якому місці під днищем незалежно від його пошкодження. До мінусів у роботі пневматичних домкратів відносять: при накачуванні вихлопними газами накопичується всередині камери їдкий осад; при установці камери потрібно виключити наявність гострих і різальних предметів, які можуть пошкодити її; необхідність окремого компресора при використанні стисненого повітря.

Рихтувальні стапелі

Рихтувальні стапелі використовуються в авторемонтних підприємствах з метою відновлення геометрії цільнокузовних і рамних автомобілів після аварії. Рихтувальний стенд BLACKHAWK Korek [98] (рис. 9.22) являє собою стапельну раму, вмонтовану в підлогу. Вона призначена для відновлення геометрії цільнокузовних і рамних автомобілів. Разом з опорами для фіксації і векторними випрямлячами вона утворює найбільш універсальний з усіх існуючих стендів для ремонту автомобілів.



а)



б)

Рисунок 9.22 – Рихтувальний стапель Korek Blackhawk:
а) загальний вигляд; б) приклад використання під час автомобіля

Особливості рами KOREK:

• На відміну від традиційних стапелів для стапель Korek не потрібно окремої площі в цеху. Тому на ній можна виконувати будь–які види ремонту кузова. Це робить Korek особливо вигідним для цехів з невеликою площею.

• Традиційні стапелі мають утискання за розмірами рами, вантажопідйомності, жорсткості тощо. На стапель Korek завдяки модульній структурі і легкості установки автомобіля можна виправляти будь–які деформації.

• Жорсткість стапеля практично необмежена. Як правило, для випрямлення більшості ушкоджень потрібно максимум три зусилля по 10 тон кожна, але теоретично векторів може бути будь–яка кількість. Це дозволяє брати в ремонт всі легкові автомобілі і мікроавтобуси.

• Порівняно з більшістю стапелів, стапель Korek вимагає порівняно невеликих початкових інвестицій – рама, стійки і один «вектор».

Кузовна дільниця, яка оснащена системою Korek дозволяє приймати в ремонт будь–які легкові автомобілі і мікроавтобуси з ударами будь–якої складності. Така дільниця підвищує продуктивність праці, скорочує термін окупності обладнання.

Підйомники

Автомобільні підйомники призначені для підняття автомобілів у верхнє положення з метою отримання доступу до його днища під час виконання діагностики чи ремонту.

Двостійковий підйомник (рис. 9.23) – найпоширеніше і необхідне обладнання для ремонту ходової частини автомобіля. На ринку двостійкових автомобільних підйом–ників представлений досить широкий вибір. При виборі підйомника крім ціни, потрібно дивитися і на якість. Фахівці рекомендують звернути увагу на наступні торгові марки [98]: Launch (Китай), Puli (Китай), Oma (Італія), Rotary (Німеччина), Sky Rack (Великобританія–Китай).



Рисунок 9.23 − Двостійковий підйомник

В основному двостійкові підйомники використовуються для підняття легкових автомобілів і джипів. Двостійкові підйомники для підняття легкових автомобілів бувають з верхньої та нижньої синхронізацією.

Також підйомники відрізняються по довжині лап. Асиметричний підйомник (передні лапи коротші задніх) забезпечує вільний доступ в салон авто, через конструктивні особливості. Симетричні підйомники відрізняються по ширині проїзду, а відповідно по ширині обслуговуваних автомобілів.

Чотирьохстійкові підйомни–ки (рис. 9.24) – найбільш поширений вид підйомного обладнання для розвал–сходження. Підйомники можуть мати різну конструкцію наїзних платформ, в залежності від призначення (під розвал сходження – гладка).

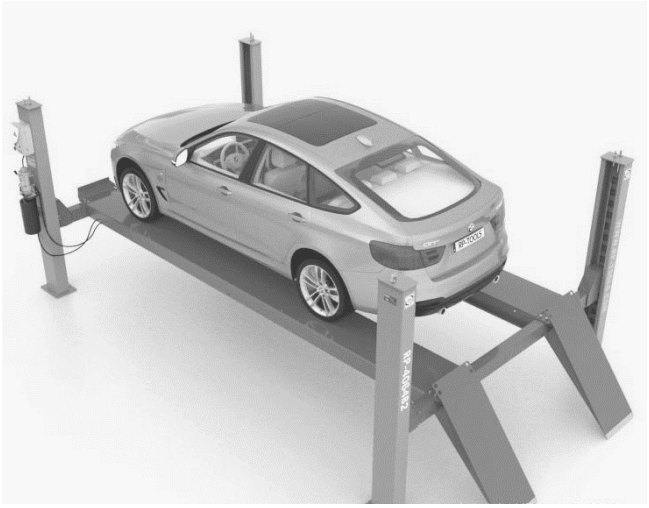


Рисунок 9. 24 − Чотитрьохстійковий підйомник

До недоліків чотиристійкових підйомників можна віднести:

– втрату корисної площі за рахунок великих габаритів підйомника і відповідно незручність при роботі в малих приміщеннях–боксах;

- незручність для механіка для оператора (між колонами знаходиться передня перемичка);
- необхідність у початковий період роботи регулювання підтяжки тросів.

Серед позитивних якостей цих підйомників можна відзначити: надійність конструкція при відносно невеликій ціні.

Ножничні та плунжерні підйомники. Дані підйомники (рис. 9.25 і рис. 9.26) являють собою передову техніка в Європі (в т.ч. Україні).



Рисунок 9.25 − Ножничний підйомник



Рисунок 9.26 − Плунжерний підйомник

Досить велика кількість СТО обирають це обладнання у звязку з наступними перевагами: гідравлічний привід; універсальність, висока швидкість і легкість установки автомобіля на платформі; престижність і зручність в роботі, СТО з таким обладнанням виглядає набагато солідніше; економія площі (корисної).

Серед недоліків цих підйомників виділяють певну обмеженість зони середньої міжколісної частини авто і значну вартість.

Контрольні запитання до розділу

1. Що являють собою процес старіння механізмів?
2. Охарактеризуйте процес зношування.
3. Які є види зношування? Наведіть їхню характеристику.
4. Що таке деформація деталі та її руйнування?
5. Що таке граничний стан автомобіля чи його складових?
6. Що таке надійність техніки?
7. У чому суть безвідмовності?
8. Що таке деформація деталі та її руйнування?
9. У чому полягає суть довговічності та схоронності (збереженості)?
10. Що являє собою ремонтопридатність?
11. Як впливають сили тертя та фізичне старіння деталей автомобілів?
12. Що являє собою истема ремонту автомобілів?
13. Які є види ремонтів автомобілів? Розкрийте їхню суть.
14. Як поділяються авторемонтні підприємства і які види ремонтів вони проводять?
15. Охарактеризуйте основні аспекти організація роботи авторемонтних майстерень.
16. Які є види вимірювального інструменту і як його застосовують при ремонті автомобільної техніки?
17. Охарактеризуйте діагностичне та ремонтне обладнання авторемонтних майстерень.
18. Які є види такелажних механізмів і пристосувань?
19. Охарактеризуйте домкрати різних типів.
20. У чому полягає суть рихтувальних стапелів?
21. Охарактеризуйте підйомники різних типів.

РОЗДІЛ 10

ПРИЙМАННЯ АВТОМОБІЛІВ І АГРЕГАТІВ У РЕМОНТ

10.1. Приймання автомобілів і агрегатів у ремонт та їхнє зберігання

Підприємство, яке експлуатує автомобілі (замовник), направляє автомобілі та агрегати в ремонт, а авторемонтне підприємство (АРП) приймає їх на підставі діючих нормативних документів.

Технічні умови на здачу автомобілів і агрегатів в капітальний ремонті повинні відповідати вимогам державних стандартів і керівництву на капітальний ремонт.

Замовник здає в ремонт автомобілі й агрегати, які виробили встановлення ресурс; досягли граничного стану чи мають аварійні пошкодження, які можуть усуватися тільки на підприємствах з капітального ремонту, за наявності відповідного акту; які досягли граничного стану, але не виробили встановленого ресурсу також з наданням відповідного акту.

Автомобілі й агрегати, що направляються у плановий ремонт, повинні бути комплектними і мати лише ті несправності, які виникли в результаті природного зносу деталей.

Для вантажних автомобілів і їхніх агрегатів встановлені перша та друга комплектність; для автобусів і легкових автомобілів – тільки перша; силових агрегатів (двигун з коробкою передач і зчепленням) – перша; дизелів – перша; для карбюраторних двигунів – перша та друга. Решта усіх агрегатів автомобіля мають тільки одну комплектність.

Автомобіль першої комплектності – це автомобіль зі всіма складовими, у тому числі й запасне колесо. Автомобілі другої комплектності здають в ремонт без платформи, металевих кузовів і спеціального устаткування.

Двигун першої комплектності – це двигун у зборі зі всіма складовими, установленими на ньому, у тому числі зчеплення, компресор, вентилятор, насос гідропідсилювача рульового керування, паливна апаратура, прилади систем охолодження і мащення, очисник повітря, електроустаткування тощо. Двигун другої комплектності – це двигун у зборі зі зчепленням, але без інших складових частин, що встановлюються на ньому.

В окремих випадках (як виняток) АРП може приймати в ремонт автомобілі й агрегати у комплектності, відмінній від встановленої. При цьому доукомплектування проводиться за калькуляцією ремонтного підприємства, узгодженою із замовником.

Автомобілі й агрегати, що виробили свій ресурс, але ще не досягли граничного стану, не підлягають капітальному ремонту.

У капітальний ремонт не приймаються: вантажі автомобілі, якщо їхні кабіни та рами підлягають списанню; автобуси і легкові автомобілі, якщо їхні кузови не можуть бути відновлені; агрегати й вузли, у яких базові або основні деталі підлягають списанню.

Зовнішні поверхні автомобілів і агрегатів повинні бути очищені від бруду. Автомобілі й агрегати не повинні мати деталей, які відремонтовані способами, що повністю унеможливлюють подальше їхнє використання або ремонт, і мати придатні до експлуатації акумуляторні батареї й шини. Усі складальні одиниці, деталі і прилади повинні бути закріплені на машині відповідно до його конструкції.

Технічний стан автомобілів, що здаються у КР, повинен забезпечувати, як правило, можливість запуску двигуна і випробування пробігом до 3 км. Автомобіль, що має пошкодження аварійного характеру або несправності при яких запуск двигуна і рух неможливий або можуть спричинити подальше руйнування деталей, здається у КР не на ходу.

Технічний стан агрегатів перевіряється на контрольно–випробувальних стендах. Для визначення технічного стану автомобілів і агрегатів необхідно використовувати засоби діагностування. Результатом діагностування є висновок про технічний стан автомобілів і агрегатів з зазначенням місця, виду та причини дефекту.

При прийманні автомобіля в ремонт складається приймально–здавальний акт за встановленою формою у трьох примірниках. У акті вказується технічний стан і комплектність об’єкта, що здається у ремонт. Акт підписується представниками АРП і замовника. Перший і третій примірники акту залишаються на ремонтному підприємстві, а другий видається замовникові.

Складальні одиниці, що здаються у ремонт окремо, повинні мати складену замовником довідку, що підтверджує необхідність капітального ремонту.

Двигуни та їхні складальні одиниці здаються у КР відповідно до вимог державних стандартів і технічних умов на ремонт. Двигуни, що здаються у ремонт, повинні бути укомплектовані складальними одиницями й деталями, передбаченими конструкцією. Відхилення у комплектності двигунів допускається у межах конструктивних змін, внесених до певної моделі організацією–розробником. Допускається відсутність на двигунах і складальних одиницях окремих кріпильних деталей (болтів, гайок, шпильок) і дрібних деталей (ковпачків тощо).

Двигуни і їхні складальні одиниці не повинні мати деталей, відремонтованих способами, що виключають подальше їхнє використання або ремонт; повинні бути очищені й вимиті зовні, а мастило й вода злиті. Усі отвори, через які можуть проникнути атмосферні опади та пил у внутрішні порожнини двигунів і їхніх складальних одиниць, повинні бути закриті кришками або пробками–заглушками.

Зовнішні нефарбовані металеві поверхні захищаються від корозії протикорозійним мастилом. Тара й транспортні засоби, використовувані для перевезення двигунів і складальних одиниць, повинні забезпечувати їхнє збереження.

До кожного двигуна та паливного насоса, що окремо здається, додаються паспорт і довідка, що підтверджує необхідність проведення капітального ремонту.

Процес приймання складається з таких етапів: попередній технічний огляд і виявлення комплектності; зовнішнє миття; остаточний технічний огляд. Ремонтному підприємству надається право при прийманні розбирати будь–яку складальну одиницю.

Якщо машина або складальна одиниця не відповідає технічним умовам на приймання, то вона в капітальний ремонт не приймається, але може бути прийнята у відновлювальний ремонт.

Прийняті в ремонт автомобілі й агрегати відправляються на склад ремонтного фонду, де і зберігаються до надходження у ремонт.

Ремонтний фонд (автомобілі і агрегати) можна зберігати під навісами на майданчиках з твердим покриттям. Склади ремонтного фонду повинні, бути обладнані (з урахуванням виду виробу та програми виробництва) стелажами, зокрема багатоярусними, монорейками, що забезпечують можливість установки, зняття і транспортування ремонтного фонду.

Паливну апаратуру і електроустаткування зберігають у закритих вентильованих приміщеннях. Не допускається сумісне зберігання паливної апаратуру, електроустаткування і речовин, що викликають корозію.

Зовнішнє миття автомобіля і агрегатів

Для зовнішнього миття автомобіля і агрегатів широко застосовується метод струменевого очищення під високим тиском (гідродинамічне очищення). Механізм видалення забруднень за допомогою струменя полягає в механічному руйнуванні шару забруднень, його адгезійних зв’язків з поверхнею, яка очищається, за рахунок нормальної і дотичної напруги, що виникає при ударі рухомім рідини (вода, мийний розчин) об перешкоду. Забруднення віддаляються у випадку, якщо сила удару (ударний імпульс) струменя об поверхню об’єкта очищення перевищить хоч би одну з міцнісних адгезійно–когезійних характеристик забруднень, таких, як міцність на стиск, згин, зсув, сила адгезії тощо. Якщо сила взаємодії частинок забруднень з поверхнею, що очищається, більша за силу взаємодії між частинками забруднень, то очищення здійснюється способом «свердління». У іншому випадку – способом «відриву». Особливість струменевого; очищення полягає у використанні насадок, що перетворюють потенціальну енергію напору рідини в кінетичну енергію струменя. Насадками різного профілю і розміру формують струмені рідини. Наприклад, насадки із круглим отвором на виході дають різкий, суцільний і зосереджений струмінь, який проникає через шар забруднень для відділення їх знизу від поверхні, що очищається, і дає змогу очищати важкодоступні місця. Насадки ж з щілинним виходом забезпечують плоский віялоподібний струмінь з кутом 15 – 120°. При малих кутах струмінь виходить плоским і різким з великою силою удару. У міру збільшення кута струмінь розширюється, але сила удару знижується. При великих кутах струмінь стає плоским широко захоплювальним. Порівняно зі звичайними насадками, насадки високого тиску мають чіткіше окреслений, концентрований струмінь. У результаті – тісно зв’язані крапельки води збільшують силу удару струменя на 40%.

До простих установок, які реалізують метод гідродинамічного очищення, належать насоси, забезпечені шлангами й пістолетами–розпилювачами. Високопродуктивне і якісне очищення поверхонь забезпечується шляхом підвищення ударної дії струменя у поєднанні з високою температурою води і великою швидкістю струменя (170 – 256 м/с) обумовленого високим тиском перед насадкою (до 20 – 22 МПа).

Мийні машини умовно можна класифікувати: за здатністю до пересування – пересувні (приклад на рис. 10.1) й стаціонарні; за типом приводу насоса – від електродвигуна, від двигуна внутрішнього згорання, з пневматичним і гідравлічним приводами; за конструктивним виконанням насоса – аксіально– поршневі, радіально–поршневі й рядні; за конструкцією насосного агрегату – моноблочні, редукторні та фланцеві; за температурою води, що подається, – з підігрівом, без підігріву, парогенератори.

Принцип дії гідравлічної моніторної мийної машини полягає у наступному (рис. 10.2): вода через водяний фільтр 9, що забезпечує захист насоса від попадання піску і інших механічних частинок, поступає в головку циліндрів. Насос створює тиск і нагнітає воду через перепускний клапан 15 у напірний шланг високого тиску 1 і далі в пістолет і через насадку 5 (турболазер) назовні, на поверхню, що очищається. Тиск на виході змінюється рукояткою 3 регулятори тиску і контролюється за манометром 4. При підвищенні тиску вище норми відкривається вбудований в систему запобіжний клапан 10, вода знову подається на вхід насоса, тим самим запобігаючи його пошкодженню. При роботі машини в автоматичному режимі активізацією ручки пістолета 2 забезпечується перетікання води через змішувач 14 і машина включається.



Рисунок 10.1 – Мийка високого тиску INTERTOOL DT–1507

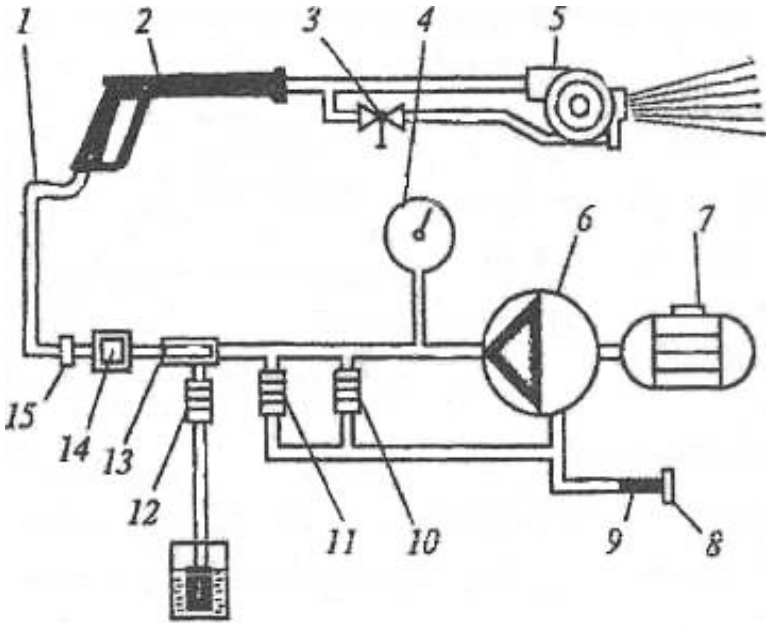


Рисунок 10.2 – Конструктивна схема гідравлічної моніторної мийної машина

Якщо ручка більше не активізується, то вода циркулює через перепускний клапан 11 і машина зупиняється. Повторне включення відбувається через активізацію ручки пістолета 2. При роботі машини в ручному режимі відбувається забір води з будь–якої ємкості (бака). Якщо ручка пістолета не активізується упродовж 4 хвилин, то машина вимикається. Мийний засіб подається у систему через інжектор 13 з окремої ємкості, куди опускається шланг. Після повороту рукоятки регулятора тиску машина автоматично засмоктує мийний засіб і подає його разом з водою в турболазер 10.

Для підвищення якості очищення і полегшення праці використовуються:

– насадки високого тиску, що зумовлюють форму та площу сліду струменя на поверхні, що очищається. Насадки мають постійний кут розпилювання (0, 15, 25, 30, 40 і 60°) або змінний (від 0 до 90°), регульований в процесі очищення від мінімального до максимального значень. При куті розпилювання 0° струмінь є концентрований, з великим ударним імпульсом, але площа очищення невелика. Збільшення кута розпилення призводить до розширення струменя. Він стає плоским, віялоподібним і широкозахватним, але ударний імпульс різко знижується;

– турбонасадки, у яких концентрований струмінь рідини, обертаючись зі швидкістю 4000 хв$^{-1}$, описує конусну поверхню. Добра очищувальна здатність досягається високим ударним імпульсом (на відстані 20 см від насадки величина ударного імпульсу складає понад 70%), а велика площа очищення – обертанням струменя;

– турболазер – насадка, яка змінює структуру рідини, що поступає на очищувану поверхню. Кожна крапля води турболазера рухається у 10 разів швидше і важить у 1000 разів більше, ніж в машинах із звичайними насадками. Дрібні краплі рідини втрачають свою силу через опір повітря, а великі – ударяють по поверхні, що очищається, зі швидкістю 600 км/год. Звідси виникає потужний ударний імпульс, величина якого на відстані 20 см від насадки складає 90%, тоді як для звичайних машин – 15%, а для турбонасадки – 70 – 75%.

Мийні засоби – додаткові високоефективні складники для забезпечення и кісного видалення забруднень. Номенклатура мийних засобів різноманітна. Проте більшість з них важко розкладаються на ґрунті і у воді водоймищ, річок; володіють здатністю нагромаджуватися у тканинах організмів рослинного й тваринного походження, нерідко і самі засоби, змішуючись із забрудненнями, активно беруть участь в порушенні екологічного балансу в природі. У зв’язку з цим, мийні засоби повинні мати не тільки високу активність до різних забруднень, але і володіти низькою токсичністю, водорозчинністю, вогненебезпечністю, здатністю до біологічного розкладання. У моніторних мийних машинах необхідно використовувати універсальні мийні засоби, що здатні до біологічного розкладання.

Процес проведення мийно–очисних робіт характеризується такими основними показниками: динамічним тиском струменя води (сила удару) витратою води; температурою води; використовуваними мийними засобами.

Сила удару струменя об поверхню – один з найважливіших показників, що характеризують очисну здатність. На підвищення сили удару вирішальний вплив мають чотири складові – форма струменя, витрата води, тиск, що розвивається насосом, відстань від насадки до поверхні, що очищається. Сила удару струменя пропорційна до витрати води і до тиску її подачі. Оскільки актуальним є питання економії води, то підвищення тиску – це найбільш реальна і ефективна умова підвищення сили удару. Навіть при незмінній витраті води при підвищенні тиску спостерігається значне зростання сили удару.

Із збільшенням відстані насадки від поверхні, що очищається, величина ударного імпульсу знижується за гіперболічною залежністю. Радіус дії пістолета–розпилювача і турбонасадки обмежується відстанню 40–50 см.

Із зростанням тиску перед насадкою продуктивність насоса збільшується. Найбільша витрата води спостерігається при використанні пістолета–розпилювача. При тиску 140 – 150 Па витрата води досягає 16 л/хв і перевищує витрату води при використанні турбонасадок на 14 – 28%.

Підвищення температури води призводить до зниження міжмолекулярних сил, що діють усередині забруднення, і зниження сил адгезії з поверхнею, що очищається. Температура води вибирається залежно від вигляду і складу забруднень, матеріалу поверхні, що очищається, вимог до якості очищення тощо.

Вода, що використовується у процесі миття і очищення, забруднюється шкідливими для навколишнього середовища домішками. Так, наприклад, один автомобіль несе на собі в середньому до 60 кг забруднень, складних за складом, насичених оливами й продуктами їхнього фізико–хімічного перетворення. Висока адгезія забруднень, складна конфігурація поверхонь обумовлюють необхідність використання мийних засобів, які, підвищуючи якість очищення і продуктивність праці, одночасно різко погіршують склад стічних вод. Застосування нетоксичних, здатних до біологічного розкладу, мийних засобів значно розширило сферу використання мийних машин.

Охорона довкілля і раціональне використання природних ресурсів вимагають особливо уважного ставлення до проведення мийно–очисних робіт. Процес слід організовувати так, щоб повністю уникнути скидання брудної води і каналізацію.

Якщо використовуються моніторні мийні машини, то процес зовнішнього миття і очищення залежно від об’єму робіт, умов роботи й експлуатації об’єкта проводиться безпосередньо на спеціалізованих дільницях (постах) миття і очищення. Для роботи мийних машина необхідно використовувати оборотну, технічну й свіжу воду. Ділянка зовнішнього миття і очищення може розташовуватися на відкритому майданчику з твердим покриттям або в ізольованому приміщенні.

Робоче приміщення дільниці повинне бути обладнане приточно–витяжною вентиляцією, брудозабірником або установкою для очищення стічних вод. На дільниці необхідно підтримувати нормальний повітрообмін (швидкість руху повітря не більше 0,3 м/с), температурний режим (17 – 19°С) і

відносну вологість повітря (30 – 60%). Кратність повітрообміну – 5. Ухил підлоги у бік трапа для стоку брудної води або до приймального колодязя повинен бути у межах 2–3%.

На ділянці зовнішнього миття і очищення дозволяється використовувати усі марки мийних машин високого тиску, що випускаються вітчизняними й зарубіжними фірмами.

Під час проведення мийно–очисних робіт необхідно: тримати розпилювальний пістолет машини двома руками; стежити (за манометром) за тиском на виході розпилювального пістолета; не перевищувати максимальних значень тиску і температури; під час перерви в роботі ставити розпилювальний пістолет на запобіжник.

Забороняється: використовувати мийну машину не за призначенням; направляти струмінь води на людей, тварин, електричні пристрої, дроти тощо.

При використанні мийних засобів рекомендується одягнути гумові рукавиці або нанести на шкіру рук захисну пасту, креми тощо.

10.2. Проектування процесу розбирання

10.2.1. Організація процесу розбирання

Роботи з розбирання автомобіля та його частин складають значну частку від загальної трудомісткості ремонту. Вони відрізняються найважчими умовами праці і низьким ступенем механізації.

Розбирання – це сукупність операцій, призначених для роз'єднання об'єктів ремонту (автомобілів і агрегатів) на складальні одиниці і деталі у певній технологічній послідовності. Трудомісткість робіт з розбирання у процесі капітального ремонту автомобілів і агрегатів складає 10 – 15% загальній трудомісткості ремонту. При цьому приблизно 60% трудомісткості припадає на різьбові, а приблизно 20% – на пресові з'єднання. Технологічний процес розбирання дає ремонтному підприємству до 70% деталей; які придатні для повторного використання. Якісне проведення цих робіт дає можливість уникнути пошкодження деталей і, таким чином, зменшили собівартість ремонту. Придатні деталі обходяться ремонтному підприємству у 6 – 10% від їхньої ціни, відремонтовані у 30 – 40%, а заміна деталей у 110 – 150%.

Розбирання автомобілів і агрегатів виконують у послідовності, передбаченій картами технологічного процесу (рис. 10.3), використовуючи вказані в них універсальні й спеціальні стенди і оснащення. Ступінь розбирання визначається видом ремонту і технічним станом об'єктів розбирання.

Розбирання автомобілів і їхніх агрегатів проводять згідно з такими основними правилами:

– спочатку знімають захисні частини і ті, які легко пошкодити (електроустаткування, паливо– і оливопроводи, шланги, крила тощо), потім самостійні складальні одиниці (радіатори, кабіну, двигун, редуктори), які очищають і розбирають на деталі;

– агрегати (гідросистеми, електроустаткування, паливної апаратури, пневмосистеми) після знятті з автомобіля направляють на спеціалізовані ділянки або робочі місця для визначення технічного стану і, при необхідності, ремонту;



Рисунок 10.3 − Технологічна схема розбирання двигуна ЯМЗ–238

– у процесі розбирання не рекомендується розкомплектовувати спряжені пари, які у процесі виготовлення обробляють у зборі або балансують (кришки; корінних підшипників з блоком циліндрів, кришки шатунів з шатунами, картер зчеплення з блоком циліндрів; колінчастий вал з маховиком двигуна), а також приоблені й придатні для подальшої роботи пари деталей (конічні шестерні головної передачі, розподільні шестерні, шестерні масляних насосів тощо). Деталі, що не підлягають знеособленню, мітять, зв'язують, знову скріплюють болтами, укладають в окремі ящики або зберігають їхню комплектність іншими способами;

– у процесі розбирання необхідно використовувати стенди, знімачі, пристосування та інструменти, за допомогою яких можна центрувати деталі, що знімаються, і рівномірно розподіляти зусилля по їхньому периметру. При випресовуванні підшипників, сальників, втулок застосовують оправки і вибивачі з м'якими наконечниками (мідними, зі сплавів алюмінію). Якщо випресовують підшипник з маточини або стакана, то зусилля прикладають до зовнішнього кільця, а при знятті завала – до внутрішнього. При цьому забороняється користуватися ударними інструментами;

– кріпильні деталі (гайки, болти, шпильки) при розбиранні укладають в сітчасту тару для кращого очищення в мийних установках або встановлюють на свої місця. Забороняється розкомплектовувати деталі з різьбленням підвищеної точності (болти й гайки кріплення кришок шатунів, маховика до колінчастого вала). При розбиранні, особливо для чавунних деталей (щоб уникнути появи тріщин від перекосів), спочатку відпускають усі болти або гайки на півоберта, а потім від'єднують їх повністю;

– відкриті порожнини й отвори для оливи та палива в гідроагрегатах і паливній апаратурі після зняття з машини закривають кришками й пробками;

– при виконанні робіт з розбирання слід знати способи і особливості їхнього виконання;

– для піднімання і транспортування деталей та агрегатів масою понад 20 кг використовують підйомно–транспортні засоби й надійні захватні пристосування.

Найбільш типовими операціями при розбиранні є викручування гвинтів, шпильок, болтів і відкручування гайок, видалення зламаного болта або шпильки, зняття зубчастих коліс, шківів, муфт і підшипників.

За принципом організації розбирання може бути стаціонарним і рухомим (потоковим). Стаціонарне розбирання автомобілів і агрегатів на складальні одиниці і деталі проводиться на одному робочому місці. Зняті з автомобіля агрегати розбирають на стаціонарних стендах. Стаціонарне розбирання застосовується на підприємствах з одиничним типом виробництва.

На спеціалізованих ремонтних підприємствах робочі місця розбирання автомобілів і агрегатів можуть бути організовані в потокову лінію. Потоковий метод розбирання дає змогу: зосередити однойменні операції на спеціалізованих постах; скоротити кількість однойменних інструментів на 30%; збільшити інтенсивність використання технологічного оснащення на 50%; збільшити продуктивність праці робітників на 20%.

Потоковий метод розбирання організовують на постах, де різниця трудомісткості не перевищує 10%. Цього досягають правильним розподілом операцій за постами, застосуванням спеціального устаткування, пристосувань, продуктивних інструментів, дублюванням окремих постів і наявністю на деяких постах більшої кількості робітників.

Тільки при потоковому способі розбирання створюються умови для механізації робіт. Застосування засобів механізації дає змогу зменшити трудомісткість розбирання у 1,5 – 2,0 рази і пошкоджуваність деталей на 70 – 89%, збільшити об'єм повторного використання підшипників на 15 – 20% і стандартного кріплення до 25%, зменшити витрати на ремонт автомобілів на 5–9%.

Середній рівень механізації робіт з розбирання не перевищує 20% (передніх мостів – 15%, задніх – 15%, підрозбирання двигунів і коробок передач – 16%; остаточного розбирання двигунів – 25%, коробки передач 35%). Розбирання 60% усіх з'єднань автомобіля може бути механізованим.

У основу механізації дільниць з розбирання покладена низка принципів: процес розбирання будується за потоковим методом; агрегати, складальні одиниці, що поступають на розбирання, повинні бути заздалегідь очищені, від оливи та бруду; переміщення агрегатів і складальних одиниць у процесі розбирання максимально механізується.

Роботи і розбирання складаються з основних, і допоміжних елементів. Основні елементи, які становлять найбільшу питому вагу у процесі, – це операції розбирання різьбових і пресових з'єднань.

Допоміжні елементи – це переміщення, установка й кріплення виробів і агрегатів, що розбираються. Час, витрачений на виконання допоміжних елементів, досить значний і є резервом зниження трудомісткості робіт з розбирання. Тому велику увагу при організації робіт необхідно приділяти питанням механізації транспортних операцій і передачі виробів з поста на пост.

Переміщати автомобілі в процесі розбирання доцільно конвеєрами безперервної дії, агрегати до постів підрозбирання можна переміщати підвісними, штовхальними або вантажопереносними конвеєрами, а складальні одиниці й деталі – підлоговими транспортерами, рольгангами та полозками. На дільницях і постах необхідно застосовувати збалансовані маніпулятори (замість кранів–укосин), пневматичні підйомники, кантувачі, візкові транспортери, саморухомі естакади тощо.

Повторюваність операцій відкриває широкі можливості для механізації операцій розбирання і створює умови для застосування багатопозиційних механізованих інструментів.

З метою скорочення непродуктивні витрат робочого .часу, підвищення культури виробництва, продуктивності праці та раціонального використання виробничої площі ремонтних підприємств на робочих місцях з розбирання доцільний монтаж технологічних стель. Технологічна стеля – це просторова металева конструкція, яка може перекривати зону дільниці або робочого місця, або розміщуватися над робочим місцем без його перекриття. На конструкції змонтовані механізовані інструменти, пристосування і оснащення, що

застосовується при виконанні операцій, а також вантажопідйомні засоби, які призначені для транспортування агрегатів і деталей в робочу зону, зняття і видалення їх з робочої зони. До складу технологічної стелі для робіт з розбирання входять: несучі конструкції, траверси, однорейкова або дворейкова підвісна колія з електроталлю або кран–балка, розводка гідро–, пневмоприводів і електрокабелів, підвіски для механізованого інструменту, освітлювальна арматура тощо.

Універсальним засобом механізації робочих місць з розбирання є шарнірно–балансирні маніпулятори з ручним управлінням. Вони є багатоланковим механізмом з приводами в кожному суглобі, які дають можливість утримувати вантаж у рівновазі.

Виділяють два основні напрями підвищення ефективності процесу, розбирання (РП):

– науково обґрунтоване управління технологічним процесом і дільницею розбирання загалом, забезпечення найвищої продуктивності праці при наявній виробничо–технологічній базі;

– створення автоматизованих процесів розбирання.

Процеси розбирання і збирання різняться метою:

– мета збирання – отримання складальних одиниць і виробів, що повністю відповідають установленим для них вимогам;

– мета розбирання – отримання деталей із забезпеченням їхнього максимального збереження.

Відмінність мети процесів розбирання і складання не дає змогу механічно використовувати способи й методи проектування складального процесу для розбирання. Проте процеси розбирання (РП) і складання (СП) мають і загальні ознаки.

Для проектування робочого РП на АРП необхідна така інформація:

а) базова, що містить дані про технологічний процес збирання машини на заводі–виготовлювачі; креслення машини й річну виробничу програму розбирання машин;

б) керівна – стандарти на ТП, методи управління ними, устаткування і оснащення, документація на одиничні й типові ТП розбирання аналогічного ремфонду;

в) довідкова, що міститься у каталогах, паспортах, довідниках з вибору технологічних нормативів, плануваннях ділянок, а також має дані про стан ремфонду, про прогресивні способи розбирання і їхні переваги, про устаткування дільниці з розбирання і змінності її роботи, а також узагальнений передовий досвід робота РП кращих АРЗ.

Основні етапи технологічного процесу розбирання (ТПР):

– аналіз початкової інформації;

– пошук і вибір одиничного ТПР аналогічного агрегату;

– уточнення або розробка технологічних операцій і переходів;

– визначення послідовності і змісту технологічних операцій розбирання;

– нормування ТПР;

– вибір устаткування;

– розрахунок економічної ефективності варіантів ТПР;

– вибір оптимального варіанта ТПР.

Основними завданнями при проектуванні ТПР є:

– визначення оптимальної послідовності й змісту робіт з розбирання, й кількості операцій;

– вибір технологічного устаткування.

Практика проектування ТПР передбачає тільки облік послідовності зняття вузлів з вказівкою використовуваного устаткування. При цьому формування технологічних операцій проводиться інженером–технологом методом проб без оптимізації кількості і змісту операцій.

10.2.2. Формування послідовності й змісту операцій одиничного та типового ТПР

Аналіз багатьох РП показує, що порядок зняття вузлів і деталей з агрегатів допускає велику кількість варіантів. Проте можна припустити, що існує деякий оптимальний варіант ТПР.

Методика формування операцій ТПР розробляється з використанням теорії графів і аналізу складних систем.

ТПР характеризується структурою, що «розходиться», і в загальному вигляді може бути представлений у формі орієнтованого графа, який враховує послідовності виконання технологічних переходів (технологічно неподільних елементів).

Розглянемо процес розбирання двигуна автомобіля ЗіЛ–130 (рис. 10.4). У основі побудови ТПР у формі графа лежить принцип розбиття графа технології на шари з подальшим їхнім ранжируванням. У нульовому шарі поміщають елемент, що належить до початку процесу (наприклад, установка агрегату). Далі розташовуються шари, що містять елементи ТПР, не зв’язані зв’язками передування, а потім йдуть ранжировані шари (залежно від послідовності – незалежними і. залежними елементами).

I зона	II зона	III зона
Знімання зовнішніх вузлів, що не пов’язані попередніми відношеннями	Знімання зовнішніх та основних вузлів, що зв’язані попередніми відношеннями	Базова складова частина

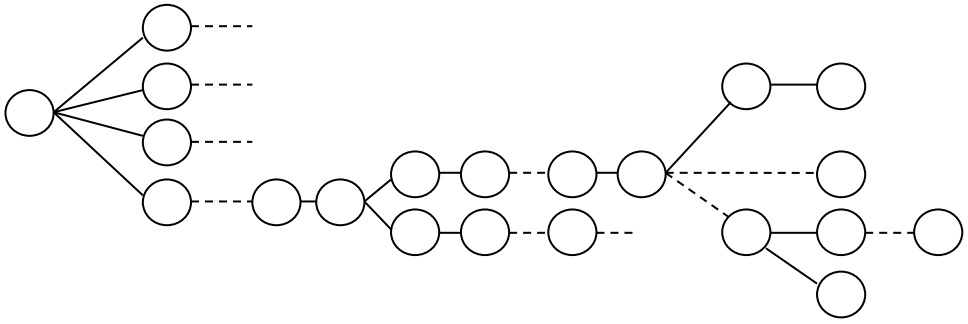


Рисунок 10.4 − Графоаналітична модель процесу розбирання автомобіля

Аналіз ТПР двигуна ЗіЛ–130 показує, що весь процес розбирання можна розділити на 3 зони:

I – знімання зовнішніх вузлів, не зв'язаних зв'язками передування (має інтенсивні розгалуження);

II – знімання зовнішніх вузлів і основних вузлів, зв'язаних зв'язками передування (має менш інтенсивне розгалуження);

III – отримання базової деталі (наприклад, блок циліндрів).

Розглянута методика побудови ТПР не враховує обмеження, що накладаються: вимогами одночасності виконання окремих операцій, що об'єднуються, наприклад, на основі механізації; позиційнго обмеження.

Існує розроблена методика формування ТПР з використанням евристичного алгоритму. Нехай ТПР двигуна ЗіЛ–130 складається з множини *L* технологічних операцій:

$$L = \{l : l = 1, L\};$$

Кожна з операцій складається з множини *M* технологічних елементів:

$$M = \{i : i = 1, M\}.$$

Хай також по кожному і–му елементу відомий час його виконання (тривалість) ti .

Уведемо цілочисельну змінну δ_{il}, яка набуває значення: $\delta_{il} = 1$, якщо I–й елемент міститься в 1–й технологічній операції; $\delta_{il} = 0$, будь–який інший випадок.

Тоді ТПР може бути формалізований (з урахуванням вимог одночасності й позиційності) наступними співвідношеннями, що представляють його математичну модель:

$\sum_{i=1}^{M} \delta_{ij} = 1$ – виконання кожного елементу на одному робочому місці.

$\sum_{i=1}^{M} t_i \delta_{ij} \le r$ – не перевищення тривалості операції такту r .

$\delta_{il} \le \sum_{k=1}^{l} \delta_{jk}$ – дотримання умов передування для кожної пари у (при $i \rangle j$) 1–й і к–й операції.

Хай відоме деяке позиційне обмеження Р. Тоді вимога виконання операції в одній позиції запишеться так:

$$P_i - P_j \delta_{is} + P_j \delta_{js} \le P_i - P_j,$$

де: і та j – індекси елементів.

І етап розробки ТПР:

На основі аналізу конструкції двигуна виявляють:

– найбільш зручні позиції слюсаря, який виконуватиме розбирання;

– вид роботи (ручна, механізована);

– послідовність виконання технологічних елементів.

Наприклад, для двигуна ЗіЛ–130 (у табл. 310.1).

ІІ етап – побудова графа ТПР:

– за існуючою послідовністю виконання технологічних елементів визначають послідовності елементів графа ТПР;

– формують орієнтований граф.

Таблиця 10.1 −Послідовність виконання технологічних елементів ТПР для двигуна ЗіЛ–130

Зона	*№ елементу*	*Елементи ТПР двигуна*	*Код*
I	1	Викрутити болти кріплення і зняти їх.	30
	2	Знята розподільник запалювання в зборі.	31
	3	Викрутити болти кріплення, зняти шайбу й гайку.	32
	4	Зняти фільтр тонкого очищення палива.	33
	5	Відкрутити гайки кріплення кронштейна, фільтра тонкого очищення.	43
	6	Зняти кронштейн фільтра.	44
II	7	Відкрутити гайки кріплення кришки головок циліндрів лівого ряду.	76
	8	Зняти кришку та прокладку головок лівого ряду.	77
	9	Відкрутити гайки кріплення кришки головок циліндрів правого ряду.	78
	10	Знята кришку та прокладку головок правого ряду.	79
III	11	Установити кришки корінних підшипників на блок і закріпити їх.	194
	12	Викрутити болти кріплення картера і зняти їх.	195
	13	Зняти блок, установити на підставку, прочистити масляні канали.	196
	14	Від’єднати картер зчеплення.	197

10.2.3. Особливості розбирання різьбових з’єднань

Основним завданням розбирання різьбових з’єднань є роз’єднання деталей і збереження придатності деталей розібраної складальної одиниці і самого з’єднання до подальшого використання.

Різьбові з’єднання поділяються на три групи (табл. 10.2).

Для розбирання різьбових з’єднань застосовують ручний і механізований інструмент. До ручного інструменту належать гайкові ключі таких видів: зі відкритим зівом двосторонні; кільцеві двосторонні колінні (накладні); торцеві немеханізовані зі змінними головками; спеціальні.

Накладні ключі охоплюють всі грані гайки, що забезпечує велику жорсткість і довговічність. Накладними ключами з 12–гранним зівом можна повертати гайки при відкручуванні на 30º, що дуже важливо при роботі у важкодоступних місцях.

Торцеві ключі можна обертати, не переставляючи з грані на грань, тому скорочується час на відкручування гайки порівняно з відкритими гайковими ключами.

Із спеціальних ключів, при розбиранні застосовують коловоротні ключі і ключі для круглих гайок. Коловоротні ключі доцільно застосовувати для відкручування болтів і гайок невеликих розмірів. Продуктивність праці може бути підвищена у 2 – 5 разів.

Завдання скорочення затрат праці при розбиранні різьбових з'єднань в основному розв'язується застосуванням механізованого інструменту (гайко–, гвинто– і шпильковертів). Його використання дає змогу підвищити продуктивність праці при розбиранні різьбових з'єднань у 3,5–4,5 рази, трудомісткість робіт з розбирання скорочується при цьому на 15 – 20%.

Таблиця 10.2 − Групи різьбових з'єднань і значення крутного моменту при розбиранні

Група	*Місцезнаходження в автомобілі*	*Приклади різьбових з'єднань*	*Діаметр різьбових з'єднань, мм*				
			М8	М10	М12	М14	М16
			Крутний момент, Н·м				
Важка	Різьбові з'єднання, розташовані зовні автомобіля.	Кріплення коліс, півосей, ресор, редукторів тощо.	45	80	190	260	350
Середня	Різьбові з'єднання, розташовані зовні автомобіля у верхній його частині, закриті кожухами, капотами.	Кріплення головок блоку, корпусу муфти зчеплення, кришок шестерень газорозподілу тощо.	до 40	до 60	до 180	до 190	до 320
Легка	Різьбові з'єднання, розташовані усередині корпусів.	Кріплення кришок корінних підшипників, кришок шатунів, фланців тощо.	до 35	до 45	до 160	до 180	до 300

За типом приводу гайко– і гвинтоверти поділяються на електричні, пневматичні, гідравлічні, а за конструктивними ознаками – без фіксованого крутного моменту, з механізмом ударної дії, з самозупинкою двигуна у кінці затягування.

На ремонтних підприємствах механізація розбирання напружених різьбових з'єднань частково забезпечується через застосування одношпиндельних пневматичних гайковертів статичної або ударної дії. Пневмогайковерти статичної дії використовують для різьбових з'єднань з невеликим крутним моментом, а за допомогою гайковертів ударної – реалізують значні крутні моменти. Переваги пневматичних гайковертів ударної

дії – це порівняної невелика маса і незначний реактивний момент, що діє на руку робітника, а недоліки – малий термін служби через швидке зношування деталей, особливо ударного механізму; значна витрата стиснутого повітря (енергії), що особливо збільшуєтеся при обертах холостого ходу; низький ККД; високий рівень шуму та вібрацій.

Гідравлічні гайковерти статичної дії не мають визначених недоліків. Їхня перевага перед пневматичними: високий ККД (50 – 60% порівняно з 7 – 11% для пневмогайковертів); підвищена зносостійкість (термін служби у 2 рази вищий); безшумність і відсутність вібрацій; точне тарування крутного моменту; значна маса.

Потрібний круглий момент для відкручування гайок і болтів (Н·м) діаметром від 10 до 26 мм визначають за формулою:

$$M_к = \kappa_0 d_{ср}^2, \tag{10.1}$$

де κ_0 – коефіцієнт, що враховує стан різьбового з'єднання ($к_0$ = 0,5–0,8), $d_{ср}$ – середній діаметр різі гайки, мм.

Для викручування шпильок застосовують ексцентрикові, клинові, цангова наконечники та спеціальні ключі.

Для з'єднань із значним крутним моментом (до 350 Нм) застосовують шпильковерти. Так, наприклад, для викручування шпильок усіх діаметрів зі блоку циліндрів, двигуна, використовується шпильковерт, який містить механізми для захоплення шпильок і їхнього звільнення після викручування. У результаті продуктивність праці зростає на 30–40%.

10.2.4. Розбирання з'єднань з натягом

Значну частину трудомісткості розбірних робіт при ремонті машин займає розбирання складальних одиниць, деталі яких з'єднані з натягом. Потрібні зусилля для розбирання таких з'єднань значно перевершують теоретичні, особливо якщо ці з'єднання зазнали корозії.

Розбирання з'єднань з гарантованим натягом (зняття підшипників кочення втулок, шківів, пальців, штифтів) проводиться шляхом прикладання осьового зусилля і використання теплових деформацій (нагрів деталі). Для отримання осьового зусилля застосовують преси, знімачі, спеціальні пристосування.

Пресове устаткування вибирають залежно від потрібного зусилля для розбирання конкретного з'єднання.

Зусилля випресування кілець підшипників визначається за формулою:

$$P_n = \frac{df_1 T \pi B \delta}{2k_n(d+30)}, \tag{10.2}$$

де P_n – зусилля випресування кілець підшипників, Н; d – номінальний діаметр отвору підшипника, мм; f_1 – коефіцієнт тертя в з'єднанні (f_1 = 0,10–0,25); E – модуль пружності матеріалу підшипника (E = 22–104 Мпа); B – ширина

опорного кільця підшипника, мм; δ – розрахунковий натяг, мм; k_n – коефіцієнт, що характеризує серію підшипника (k_n = 2,78 для підшипників легкої серії, k_n =2,27 для підшипників середньої серії, k_n=1,96 для підшипників важкої серії).

Зусилля для випресування шківів, шестерень і втулок визначають за формулою:

$$P_в = f_2 \pi d_{ср} L \sigma_{ср}, \quad (10.3)$$

де $P_в$ – зусилля випресування шківів, шестерень і втулок, Н; f_2 – коефіцієнт тертя в з'єднанні (f_2 = 0,15–0,25); $d_{ср}$ – середній діаметр поверхонь, що контактують, мм; L – довжина запресованої частини деталі, мм; $\sigma_{ср}$ – напруга стиску на поверхні, що контактує, МПа.

Розібрати складальну одиницю, деталі якої з'єднані з натягом, можна різними способами, які за принципом дії на посадочні поверхні з'єднуваних деталей можна розділити на механічний, гідравлічний, термічний і комбінований. Кожен з перерахованих способів може бути здійснений на виробництві різними методами (табл. 10.3).

Таблиця 10.3 − Способи розбирання пресових з'єднань

Спосіб	*Метод виконання*	*Засоби виконання*
Механічний	Прикладання осьового у зусилля	Здійснюється різними знімачами, пресами або із застосуванням динамічних зусиль
Гідравлічний	Подача оливи системою отворів і канавок	Олива під високим тиском
Гідропресовий	Подача оливи з боку вільного торця	Олива під високим тиском і осьове зусилля
Термічний	Факельним нагрівом, пластичною деформацією, холодом	Газові пальники й інші індукційно–нагрівальні установки
Комбінований	Гідравлічний з механічним, термічний з механічним	

Основне устаткування для розбирання пресових з'єднань – це знімачі, преси, стенди й пристосування.

Знімачі призначені для швидкого роз'єднання деталей і є пристосуваннями, які закріплюються за деталі, що входять у спряження. Вони бувають спеціальні, призначені для зняття якої–небудь певної деталі, і універсальні, такі, що дають можливість проводити розпресування багатьох деталей, які відрізняються одна від одної конструкцією і розмірам.

Спеціальні знімачі за способом захоплення деталі поділяють на знімачі з кріпленням лап до деталі болтами або шпильками, накручуванням корпусу знімача на різьбову частину деталі, із захопленням деталі цанговим затискачем

зсередини, із захопленням деталі лапами, що розтискаються корпусом, із захопленням деталі упором, що розміщена в замкнутому корпусі.

Універсальні знімачі, залежно від конструкції захоплювачів, можуть бути шарнірно–гвинтовими, з шарнірним кріпленням лап і утримувальним кільцем, та з переміщенням лап Т–подібною планкою.

Напружені пресові з'єднання розбирають за допомогою пресів і стендів, які працюють від стаціонарних гідроприводів з тиском 10–20 МПа. Залежно від розташування штока й напряму дії створюваного зусилля розрізняють преси вертикальні та горизонтальні, а за характером їхнього використання – стаціонарні й переносні. Крім того, преси поділяються на універсальні і спеціальні, ручні та приводні.

Ручні преси поділяються на рейкові, гвинтові й ексцентрикові, а приводні на пневматичні, гідравлічні; пневмогідравлічні та електромагнітні.

Використання устаткування з механізованим приводом дає змогу збільшити продуктивність праці у 3 – 5 разів порівняно з ручним. Найчастіше при цьому застосовують гідравлічний і пневматичний приводи.

Для розбирання нерухомих розбірних з'єднань, що не вимагають значних зусиль (шпонкових, шліцьових тощо), використовують знімачі з механічним і пневматичним приводами (табл. 10.4).

Таблиця 10.4 − Класифікація знімачів

Класифікаційна ознака	*Тип знімачів*
Механізм приводу	Ручний. Механізований
Механізм пресового пристрою	Важільний. Рейковий. Гвинтовий. Гідравлічний
Механізм захоплення	Лапчастий. Струбциновий. Рамовий. Різьбовий. Цанговий. П'ятовий
Опорна поверхня захоплення деталі	Зовнішній (захоплення). Внутрішній. Торцевий
Спосіб з'єднання лап з траверсою	Шарнірно–лапчастий. З лапами, що переміщаються
Спосіб переміщення лап	З незалежним переміщенням. З залежним переміщенням. З переміщенням, що центрується

Необхідні зусилля цих засобів визначають, виходячи з розрахункової сили розпресування з коефіцієнтом запасу від 1,5 до 2,0 (великі значення коефіцієнт відповідають менш потужним пресам).

Преси й стенди, що працюють з тиском у гідроприводі 15 – 20 МПа, мають такі недоліки: високу матеріаломісткість; великі займані виробничі площі; велику енергоємність; недостатній робочий тиск (10 – 20 МПа); відсутність мобільності, що призводить до недовантаження гідравлічного устаткування.

Існують комплекти гідрофікованого інструменту високого тиску, які складаються з універсальної переносної гідравлічної станції, наборів виконавчих механізмів обертальної і поступальної дії (гідроциліндрів) широкого діапазону зусиль (від 1 до 200 т), набору робочих органів (знімачів, захоплювачів).

Деталі кільцевої форми (втулки, внутрішні кільця роликових підшипників кочення, шківи) можна знімати за допомогою установки для нагріву. Найпоширеніші індукційні нагрівальні пристрої, принцип дії яких заснований на нагріванні кільця при проходженні через нього індукованого електричного струму, що створюється котушкою. Індукційне пристосування установлюють на кільце, що демонтується, і включають у мережу. При цьому роз'єднання деталей відбувається при тепловому зазорі, який забезпечує розбирання з'єднань з гарантованим натягом без пошкодження посадочних поверхонь. Зазор утворюється унаслідок нагріву деталі, що охоплює, з швидкістю, яка перевищує швидкість передачі тепла в охоплювану деталь через поверхню їхнього контакту. Цей метод також застосовується для демонтажу з'єднань з різнорідних матеріалів. У цьому випадку роз'єднання відбувається після охолодження з'єднання через різницю коефіцієнтів лінійного розширення матеріалів деталей.

Переваги індукційно–теплового розбирання: швидкість і універсальність процесу; компактність устаткування; зручність в експлуатації; збереження деталей; можливість автоматизації процесу.

У процесі нагріву посадочна поверхня деталі, що охоплює, повинна розширитися на величину, яка компенсує натяг і збільшення діаметру охоплюваної деталі. Виконання цієї умови забезпечується правильним вибором швидкості нагріву й призначенням відповідної потужності індукційно–нагрівального пристрою. Швидкість нагріву, особливо для деталей складної конфігурації, не повинна перевищувати швидкості, при якій виникає небезпечна температурна напруга. Ступінь нагріву обмежується температурою необоротної зміни фізико–механічних властивостей матеріалу, деталі. Зміна структури й фізико–механічних властивостей матеріалу не відбувається при температурі нагріву деталі до 250– 300°С (для підшипників кочення – не вище 100°С). Тривалість нагріву не повинна перевищувати 25 – 30 с. Після нагрівання кільця пристосування повертають навколо осі в один і другий боки, а після ослаблення посадки його знімають разом, з пристосуванням. Потрібну температуру нагріву стальних деталей, що охоплюють, визначають за формулою:

$$t_H = \left(\frac{100\Delta}{1,2d} + t_n \right) \varepsilon, \qquad (10.4)$$

де t_H – температура нагріву деталі, що охоплює °С; Δ – потрібне збільшення діаметра отвору, мкм; d – діаметр отвору, мм; t_n – температура вала, з якого демонтується кільце, °С; ε – коефіцієнт, що враховує втрати тепла при нагріванні унаслідок тепловідводу в спряжену деталь (ε = 1,2–1,6).

10.2.5. Організація робочих місць і техніка безпеки при виконанні розбірних робіт

Робоче місце – це частина виробничої площі цеху або дільниці, закріпленої за певним робітником (або бригадою робітників), зі всім необхідним устаткуванням, інструментами, пристосуваннями, матеріалами й приладдям, яке він (або вони) застосовує для виконання виробничого завдання.

Під організацією робочого місця розбирача розуміють правильне розміщення устаткування, найзручніше розташування інструменту на робочому місці, рівномірне постачання його об'єктами розбирання, механізація та оснащення спеціальними пристосуваннями.

Основним елементом організації робочого місця є його планування, тобто його розташування щодо інших робочих місць, щодо устаткування, пристосувань, інструментів, місцезнаходження робітника.

При організації робочого місця необхідно використовувати основні досягнення наукової організації праці (НОП).

Відстані від тари й від устаткування до робітника повинні бути такими, щоб він міг використовувати переважно рух рук, тобто при цьому сильно не нахилятися, не сідати, не тягнутися високо.

При плануванні робочого місця враховують зони досяжності рук у горизонтальній і вертикальній площинах. Ці зони визначають, на якій відстані від робітника повинні бути розміщені предмети, якими він користується у процесі роботи. Оптимальна зона (найбільш зручна) визначається півдугою радіусом приблизно 400 мм для кожної руки. Максимальна зона досяжності складає 500 мм. без нахилу корпусу і 650 мм з нахилом корпусу не більше 30° для робітника середнього зросту. Розташування предметів дальше від вказаних меж спричинить додаткові, а отже, зайві рухи, тобто викличе непотрібну витрату робочого часу, прискорить стомлюваність і зменшить продуктивність праці. Оптимальною зоною досяжності рук у вертикальній площині є зона від рівня плеча до поясу.

При організації робочих місць керуються такими вимогами:

• на пости розбирання ремонтний фонд повинен поступати ретельно вимитий та очищений;

• робоче місце має передбачати максимальну економію рухів робітника, що повинно бути закладено в конструкцію устаткування (висота конвеєра, стенду), взаємне розташування робочих місць тощо;

• робоче місце має бути оснащене засобами механізації основних і допоміжних робіт, необхідною документацією, місцем для інструменту, спеціалізованою тарою;

• на робочому місці має бути тільки те, що потрібно для виконання того чи того завдання;

• пристосування та інструменти повинні розташовуватись на відстані витягнутої руки у строгій послідовності їхнього застосування;

• усе, що береться лівою рукою, має бути розташоване зліва, все, що береться правою, – справа, усе, що береться обидвома руками, – попереду;

• різальні інструменти слід укладати на дерев'яні підставки так, щоб вони були захищені від пошкоджень;

• креслення, інструкції та іншу документацію потрібно поміщати для зручності користування на видному місці;

робітник зобов'язаний ефективно використовувати робочий час, не відволікатися від роботи і не відлучатися з робочого місця; використовувати пристосування та інструмент тільки за його призначенням і оберігати його від пошкоджень і забруднення; строго дотримуватися правил техніки безпеки;

• після закінчення роботи робітник зобов'язаний привести в порядок своє робоче місце, а також прилеглу до нього територію, інструменти й пристосування, що застосовувалися під час роботи.

Основні вимоги техніки безпеки:

• дільниця розбирання повинна мати міцні стіни, що не згорають. Підлоги на дільниці мати рівну (без порогів) гладку, але не слизьку, ударостійку, поверхню, що не вбирає нафтопродукти. Її необхідно систематично очищати від мастила й бруду. Стелі та стіни слід покривати фарбою світлих тонів;

• устаткування повинно бути розставлене з дотриманням необхідних розривів. Не допускається скупчення на ділянці великої кількості агрегатів і деталей. Забороняється захаращувати проходи, проїзди й підходи до щитів з пожежним інструментом і вогнегасниками;

• для забезпечення електробезпеки виробниче приміщення окільцьовують шиною заземлення, розташованою на висоті 0,5 м від підлоги і забезпеченою надійними контактами. Усі корпуси електродвигунів, а також металеві частини устаткування, які можуть опинитися під напругою, повинні бути занулені або заземлені. Переносний електроінструмент можна застосовувати за умови його справності при напрузі не більше 36 В. Якщо переносний електроінструмент працює від напруги більшої, ніж 36 В, то він має видаватися разом із захисними пристосуваннями (діелектричні рукавиці, взуття, килимки тощо). При перерві в подачі електроенергії слід негайно відключити інструмент і пристосування;

• при використанні в роблоті пневматичного інструменту його тримають двома руками – за рукоятку і корпус; при несправності пневмоінструмент відключають від повітропроводу; вставляють і виймають робочий інструмент тільки після виключення пневмоінструмента. Шланг не повинен мати зламів, розривів, потертостей, порізів. Слід уникати натягування і перекручування шланга, утворення петель. Попадання на шланг оливи й інших нафтопродуктів також небажане. Від'єднувати шланг від повітропроводу або інструменту слід тільки після закриття крана, що подає стиснуте повітря у шланг;

• розбирати агрегати, що мають пружини, можна тільки на спеціальних стендах або за допомогою пристосувань, що забезпечують безпечну роботу;

• при випресуванні деталей, що мають щільну посадку, на пресах останні слід забезпечувати захисними решітками;

• освітленість робочих місць штучним світлом повинна відповідати роботам середньої точності при малому контрасті розрізнення об'єкта з фоном (фон світлий). Усі стаціонарні світильники мають бути міцно закріпленими, щоб не давати коливних тіней.

10.3. Розробка технологічного процесу мийно–очисних робіт

10.3.1. Особливості й характер забруднень транспортних засобів

Рухомому складу автомобільного транспорту (автомобілям, автопоїздам, автобусам) доводиться працювати у різних дорожніх умовах як у межі міста, гак і на заміських маршрутах, на дорогах з твердим покриттям і ґрунтових, за різних погодних умов – у суху та вогку погоду, у літній і зимовий, час. Від перерахованих умов залежить ступінь забруднення автомобілів. Особливо забруднюються автомобілі знизу. Навіть у суху погоду деталі, вузли, агрегати, обернені до поверхні дороги, покриваються шаром пилу й болота.

У вогку погоду на нижніх поверхнях автомобіля залишаються забруднення, що містять менше піску й більше органічних, глинистих та інших домішок, що збільшують сили зчеплення забруднень із зовнішніми поверхнями деталей шасі. Забруднення вантажних автомобілів залежать ще і від роду вантажу, що перевозиться. Усі поверхні автомобіля покриваються найдрібнішими частинками матеріалів у суміші з дорожнім пилом, створюючи міцно зв'язану плівку з великими силами зчеплення.

Усе різноманіття забруднень автомобільної техніки умовно поділяють на 12 груп, назви й характеристики яких наведені в табл. 10.5.

Таблиця 10.5 − Класифікація і характеристика забруднень автомобільної техніки

Види забруднень	*Група забру–днень*	*Площа забруднень, мм²*		*Товщи–на шару забруд–нень, мм*	*Маса забруднень, кг*		*Склад*
		двигунів	*авто–мобілів*		*на дви–гунах*	*на авто–мобілях*	
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Пил, болото	1	5–10	5–12	5–10	0,2–1,0	5–20	Мінеральні частинки
Залишки вантажів, що перевозяться	2	–	До 15	До 60	–	4–50	Бетон, асфальт, цемент тощо
Оливи двигунів	3	12–24	10–15	0,5–10	До 3	До 3	Оливи, вода паливо, механічні домішки тощо
Змащувальні матеріали	4	–	10–25	0,1–10	–	3–4	–
Пластичні змащувальні матеріали	5	–	6–10	0,1–12	–	До 4	–
Змащувальні матеріали консервації	6	–	До 6	0,1–2	До 1,0	1–2	–

Проодовження таблиці 10.5

1	2	3	4	5	6	7	8
Оливо–грязеві забруднення	7	75–80	55–60	0,5–15	1,5–5	3–12	Органічні й мінеральні речовини, вода тощо
Асфальто–смолисті відкладення, лакоподібні плівки	8	30–40	–	0,5–5	0,2–0,3	–	Смоли, асфальтени, мінеральні частинки тощо
Вуглецеві відкладення, нагар	9	2,0–3	–	0,3–8	0,1–0,2	–	Смоли, асфальтени, мінеральні частинки тощо
Накип	10	10–15	–	1,0–5,0	0,1–1,3	–	$Si0_2$, CaO, MgO, Fe_20_3, Al_2S0_3
Продукти корозії	11	2–3	–	0,1–0,3	0,1–0,3	0,1–0,8	Суміш FeO, Fe_20_3, Fe_30_4, Al_2S0_3 тощо
Старі лакофарбові покриття	12	20–25	До 85	0,1–1,5	0,4–0,6	До 5	–

За хімічним складом забруднення на об'єктах ремонту поділяються на: органічні (оливні та жирові відкладення, плівки лакофарбових покриттів, мастила консерваційні); неорганічні (накип, дорожній бруд, продукти корозії); змішані (нагар, лаки, консистентні мастила, виробничі забруднення). У табл. 10.6 наведені основні об'єкти очищення і види забруднень автомобільної техніки. У табл. 10.7 подано склад забруднень на деталях автомобільних двигунів, що поступають після експлуатації на ремонтні підприємства.

Забруднення агрегатів, складальних одиниць і деталей містять зовнішні відкладення, залишки змащувальних матеріалів, вуглецеві відкладення, продукти корозії, накип і залишки старих лакофарбових покриттів.

Залишки олив, продукти корозії, асфальто–смолисті відкладення різні за своєю природою, а тому різні і способи їхнього видалення з поверхонь. Вони мають високу адгезію і міцно утримуються на поверхні деталей.

Зовнішні відкладення можна розділити на пило–грязьові й оливо–грязьові. Пило–грязьові відкладення утворюються через вміст у атмосферному повітрі певної кількості пилу. Його концентрація поблизу транспортних засобів досягає 05 – 0,50 г/см2 при дисперсності 5–30 мкм.

Таблиця 10.6 − Характерні забруднення автомобілів

Вид забруднення	*Деталь (вузол) автомобіля*	*Товщина шару забруднень, мм, не більше*	*Площа забруднень поверхні, %, не більше*		*Межа міцності при стиску, МПа*
			автомобіля	*двигуна*	
Дорожньо–ґрунтові відкладення	Деталі ходової частини, рами, кузова, кабіни	30	70	–	3–30
Оливо–грязьові відкладення	Зовнішня поверхня двигуна та коробки передач	10	10	15	25
Оливи й мастила	Деталі коробки передач і трансмісії	5	20	45	12
Лакофарбові покриття	Кабіна, кузов, рама, крила	1	90	70	30
Продукти корозії	Рама, деталі шасі, кабіна, кузов	20	10	5	40
Накип	Сорочка охолодження блоку циліндрів і головки циліндрів	5	1	2	зо
Асфальто–смолисті відкладення	Щоки колінчастого вала, шатуни, картер блоку циліндрів	20	10	5	40
Нагар	Головка циліндрів, випускний трубопровід, клапан випускний	5	1	2	30

При збільшенні концентрації пилових частинок зростає їхня коагуляція і осідання на металевих поверхнях. Цьому процесу також сприяє плівка вологи. Оливо–грязьові відкладення виникають при попаданні дорожнього бруду й пилу на поверхні деталей, забруднені оливами та мастилами. У середньому значення адгезії зовнішніх підкладень до поверхні деталей складає 0,005 – 0,02 МПа.

Таблиця 10.7 − Склад забруднень на деталях автомобільних двигунів

Двигун	*Деталь (вузол)*	*Вміст, %*		
		органічних речовин	*неорганічних речовин*	*води*
ЯМЗ–236	Блок циліндрів	78,5	4,7	9,8
	Штовхач	54,5	44,5	1,0
	Головка циліндрів	31,9	68,1	–
	Клапан випускний	31,2	68,8	–
ЯМЗ–238	Блок циліндрів	90,4	6,0	3,6
	Коромисло клапана	58,4	40,1	1,5
КАМАЗ–740	Клапан випускний	29,4	70,6	
	Головка циліндрів	32,0	68,0	

Забруднення від залишків паливо–мастильних матеріалів (ПММ) і продуктів їхнього перетворення є найпоширенішими. Під час експлуатації автомобілів змащувальні матеріали зазнають значних змін, «старіння», що зумовлені процесами окислення і полімеризації. Це можуть бути продукти неповного згорання палива, окислення, деструкції вуглеводнів, полімеризації, конденсації і коагуляції вуглеводневих і гетероорганічних з’єднань, а також продукти корозії та біопошкодження металів у середовищі паливно–мастильних матеріалів.

Кінцевими продуктами процесів, вказаних на рис. 10.5, є сажа, нагар, асфальтено–смолисті речовини, лаки, карбени, карбоїди тощо. Сажа й нагар нагромаджуються, в основному, у камерах згорання, на форсунках, у випускному тракті двигуна. Інші забруднення утворюються у паливних і оливних трубопроводах, у фільтрах та інших місцях.

Забруднення за фазовим станом можуть бути як твердими, так і рідкими. Асфальто–смолисті речовини мають перехідну структуру: від смоло подібного – до твердого фазового стану. Карбени й карбоїди є продуктами глибокого перетворення паливо–мастильних матеріалів і є твердими речовинами з високою поверхневою активністю. Ці продукти. міцно утримуються на поверхні.

Нагар – це продукт неповного згорання палива; відкладається на стінках камери згорання, клапанах, днищі поршня. За структурою нагар може бути щільним, крихким і пластичним. Хімічний склад і зовнішній вигляд нагару неоднорідний і залежить від якості і складу вживаних паливі олив. Нагар може містити 80 – 85% карбенів і карбоїдів, 4 – 7% асфальтенів, 6 – 14% смол і 1 – 5% золи. Нагар має високу механічну міцність і добру адгезію до поверхні деталі.

Лаки – продукти глибокого перетворення ПММ – складаються переважно з карбенів і карбоїдів, зв’язаних перетвореними нейтральними смолами, гідрокислотами, асфальтенами. Зовні вони є тонкою міцною плівкою, яка утворюється в зоні поршневих кілець, частини шатуна, а також на юбці і внутрішніх стійках поршня. Як правило, вони утворюються у зонах дії високих

температур на вуглеводні олив і палива, а також у зонах, у яких немає згорання, але температура на межі згорання вуглеводнів. Визначальним процесом утворення лаків є тонкошарове окислення ПММ.



Рисунок 10.5 − Структурна схема утворення забруднень від паливно–мастильних матеріалів

Осади – згустки, які відкладаються на стінках картерів, щоках колінчастих валів, розподільних шестернях, оливних насосах і в оливопроводах. Вони складаються з продуктів згорання і фізико–хімічної зміни палива й оливи, механічних домішок, продуктів зносу деталей і води. Осади не розчиняються в оливі і мають високу щільність. На 40 – 80% осади складаються з олив і смол. Карбени, карбоїди і зола складають 10 – 30%. Осадами забруднено 50 – 70% поверхні деталей двигунів і вони наявні у двох зонах: високотемпературній (на деталях циліндро–поршневої групи), і низькотемпературній (у картері двигуна).

Продукти корозії утворюються у результаті хімічного або електрохімічного руйнування металевих деталей під дією зовнішніх чинників. При цьому на поверхні деталей утворюється плівка червоно-бурого кольору

гідрооксидів металів (на алюмінієвих деталях плівка має сірувато–білий колір гідрату оксидів алюмінію). Чинниками, що зумовлюють корозію, є волога, корозійної активні продукти ПММ, зовнішні умови. У остаточному вигляді продуктами корозії є комбіновані складні сполуки, продукти перетворення ПММ, що містять також механічні домішки й продукти зносу.

Накип утворюється у системі водяного охолодження двигуна. Відкладаючись на стінках сорочок охолодження двигуна й радіатора. Накип утруднює теплообмінні процеси та порушує нормальну роботу двигуна. Утворення накипу зумовлено вмістом у воді в розчиненому стані солей кальцію і магнію, які при нагріванні води до 70 – 90°С розкладаються і відкладаються на деталях системи охолодження. Продуктами накипу є, в основному, карбонати кальцію і магнію, сульфати і силікати. Також у системі охолодження утворюються мулисті відкладення унаслідок попадання у систему механічних домішок.

10.3.2. Механізм дії миючих засобів

Механізм дії миючих засобів полягає у видаленні рідких і твердих забруднень з поверхні та перенесенні їх у мийний розчин у вигляді розчинів або дисперсій. Мийна дія проявляється у складних процесах взаємодії забруднень, миючих засобів і поверхонь. Основні явища, що означають мийну дію, – змочування, піноутворення і стабілізація. Вказані явища тісно пов’язані з поверхневим натягом і поверхневою активністю миючих засобів.

Поверхневий натяг і поверхнева активність проявляються через те, що сили тяжіння молекул поверхневого шару не врівноважуються тяжінням молекул повітря, які граничать з рідиною. Тому молекули намагаються втягнутися всередину рідини, унаслідок чого поверхня рідини зменшується. Сили, що намагаються зменшити площу поверхні, отримали назву сил поверхневого натягу, які вимірюються роботою, яку необхідно затратити для збільшення поверхні рідини на 1см^2. Добуток поверхневого натягу на величину поверхні називається вільною поверхневою енергією. Здатність речовин зменшувати вільну поверхневу енергію характеризується поверхневою активністю. Речовини, що зменшують поверхневий натяг розчину, називаються поверхнево–активними речовинами (ПАР).

Змочування полягає у розтіканні краплі рідини, поміщеної на поверхню твердого тіла. При цьому кут між дотичною до поверхні краплі, що розтікається, та поверхнею тіла, називається крайовим кутом. Якщо крайовий кут менший за 90°, то поверхня тіла змочується (гідрофільна поверхня), якщо крайовий кут більший за 90° – поверхня не змочується (гідрофобна поверхня). Додавання у воду ПАР знижує поверхневий натяг води і забезпечує змочування забруднених оливами поверхонь. Здебільшого забруднення складаються з двох фаз – рідкої (оливи, смоли) і твердої (асфальтени, карбени, пилові частинки тощо). Видалення таких забруднень з поверхні здійснюють двома шляхами: емульгуванням рідкої фази (утворення емульсій) і диспергуванням твердої фази (утворенням дисперсій).

Важливим етапом у цьому процесі є стабілізація в розчині відмитих забруднень і попередження їхнього повторного осадження на очищену поверхню. Стабілізація забруднень залежить, в основному, від складу мийного розчину й технологічних умов його застосування (концентрація, температура, забрудненість).

Процес миття складається з таких етапів:

– вода, що володіє великим поверхневим натягом, не змочує забруднені поверхні, а стягується в окремі краплі;

– розчинення у воді мийного засобу. При цьому поверхневий натяг розчину зменшується, розчин змочує забруднення, проникаючи у його тріщини й пори;

– зниження зчеплення частинок забруднення між собою та з поверхнею. При механічній дії захоплювані молекулами мийного засобу грязьові частинки переходять у розчин;

– обволікання молекулами мийного засобу забруднення і відмитої поверхні, що перешкоджає укрупненню частинок і осіданню їх на поверхні;

– стабілізація в розчині частинок, забруднення у зваженому стані і видалення їх разом з розчином.

У процесі очищення поверхні металів велике значення має піноутворення. Піна сприяє утриманню забруднення і запобігає його осадженню на очищену поверхню. Позитивна властивість піноутворення – це запобігання розбризкуванню мийного розчину й створення захисного шару, що зменшує проникнення їдких випаровувань в атмосферу (характерне для пароводоструменевого й електролітичного очищення). Негативна властивість ціноутворення (проявляється у більшості випадків) – це обмеження у використанні інтенсивного перемішування мийного розчину (характерне для струменевих машин).

На ефективність очищення, значною мірою впливає лужність мийних розчинів, яка визначає здатність розчинів нейтралізувати кислотні компоненти забруднень, обмилювати оливи, знижувати контактну напругу розчинів, жорсткість води тощо. Розрізняють лужність загальну й активну. Мийна дія розчинів залежить тільки від рівня активної лужності. Показником лужності є водневий показник pH. При очищенні поверхонь металів, щоб уникнути їхньої корозії, необхідно підтримувати визначений pH розчину (для цинку і алюмінію pH = 9 – 10, олова pH < 11, латуні pH < 12 – 12,5, сталі pH < 14). До складу таких розчинів обов'язково входять силікати (метасилікат натрію, рідке скло) або різні інгібітори, які запобігають корозії алюмінію, цинку, міді. На вибір pH також впливає забрудненість поверхні (асфальто–смолисті забруднення очищають при pH = 11,8 – 13,6, а оливні – при pH = 10,8 –11,5). У процесі очищення необхідно підтримувати оптимальне значення pH.

Мийні засоби

Для очистки деталей автообілів від оливно–смолистих сполук та промивання оливних каналів використовують органічні розчинники та розчинно емульгуючі засоби високої ефективності. Найбільшого

розповсюдження у всіх процесах миття та очищення, у тому числі і у ремонтних підприємствах, отримали синтетичні мийні засоби (СМЗ), основу яких складають ПАР і ряд лужних солей. СМЗ допускають очищення деталей одночасно з чорних і кольорових металів та сплавів. Вони добре розчиняються у воді, не токсичні, не викликають опіків шкіри, вогнебезпечні й біологічно розкладаються при зливанні у каналізацію. Очищені вузли і деталі після миття не кородують і не вимагають спеціального обполіскування. При різних способах миття застосовують різні миючі розчини.

МС–6 – зернистий порошок від білого до світло–жовтого кольору (pH = 11,5 – 12,2). Склад засобів (у % за масою): синтанол ДС–10 – 6, триполіфосфат натрію – 25, метасилікат натрію – 6,5, карбіонат натрію – 34 – 37, вода – до 100. Застосовують для очищення шасі, а також для очищення сильно забруднених поверхонь деталей (понад 75 г/м). Робоча концентрація розчину складає: 10 г/л – при зовнішньому очищенні автомобілів; 15 г/л – для очищення агрегатів трансмісії і ходової частини у зборі; 15 – 20 г/л – для агрегатів і ходової частини у розібраному вигляді.

МС–8 – зернистий порошок світло–жовтого кольору (pH = 11,5 – 12,2). Склад засобів (у % за масою): синтамід – 5 – 8, триполіфосфат натрію – 25, метасилікат натрію 6,5, карбонат натрію 32 – 36, вода – до 100. Застосовують для очищення сильно забруднених двигунів, їхніх складальних одиниць і деталей (понад 75 г/м^2). Використовують у вигляді підігрітих до 75 – 80°С водних розчинів з концентрацією: 25 – 30 г/л – для очищення двигуна у зборі у виварювальних ваннах; 10 г/л – для очищення двигунів у зборі в струменевих мийних машинах; 20 г/л – для очищення внутрішніх поверхонь циркуляційним способом, для очищення складальних одиниць і деталей.

МС–15 – порошок білого кольору (pH = 11,2 – 12,1). Склад засобів (у % за масою): оксифос Б – 6 – 8, триполіфосфат натрію – 22 – 24, метасилікат натрію – 5,5, карбонат натрію – 41 – 44, вода – до 100. Застосовують для очищення двигунів, їхніх складальних одиниць і деталей від смолоподібних і оливних відкладень методом занурення у ванну, струменевому і циркуляційному способах миття. Використовується у вигляді водних розчинів концентрацією 20 г/л при температурі 80–90°С.

Лабомід має декілька модифікацій: 101, 102, 203 і 204. Їхній склад наведений у табл. 10.8.

Таблиця 10.8 − Склад Лабоміда (у % за масою)

Найменування компонента	*101*	*102*	*203*	*204*
Синтанол ДТ–7	4	4	8	8
Алкілсульфати натрію (первинні)	–		2	2
Карбонат натрію	50	56	50	50
Триполіфосфат натрію	30	20	30	20
Метасилікат натрію		20		10
Силікат натрію (рідке скло)	16		10	10

Усі модифікації Лабоміда за звичайних умов є порошками від білого до світло–жовтого кольору (pH=10 – 12). Застосовують для очищення агрегатів від експлуатаційних забруднень, окремих деталей з чорних і кольорових сплавів від оливних і асфальтено–смолистих відкладень.

Модифікації 101 і 102 застосовують у машинах струменевого типу у вигляді водних розчинів концентрацією 20 – 30 г/л при 70 – 80°С. Лабоміди 203 і 204 використовують у машинах занурювального типу з різними засобами збудження. Температура розчину у виварювальних ваннах 90 – 100°С, у ваннах із збудженням розчину або його циркуляцією, коливаннями платформи або переміщуванням деталей – 80 – 90°С, концентрація розчину при цьому – 10 – 35 г/л.

МЛ–51, МЛ–52 – сипучі порошки від білого до світло–жовтого кольору, не викликають корозійної дії на чорні та кольорові метали.

Склад МЛ–51 (у % за масою): карбонат натрію – 44, тринатрійфосфат або триполіфосфат натрію – 34,5, метасилікат натрію або водний розчин силікату натрію (рідке скло) – 20, змочувач ДБ – 1,5. Призначений для очищення агрегатів і деталей від паливно–мастильних матеріалів і оливних відкладень. Застосовують у вигляді, підігрітих до 60–85 °С водних розчинів концентрацією 10–20 г/л в струменевих, моніторних і комбінованих машинах.

Склад МЛ–52 (у % за масою): карбонат натрію – 50, тринатрійфосфат або триполіфосфат натрію – 30, метасилікат натрію або водний розчині силікату натрію (рідке скло) – 10, змочувач ДБ – 8,2, сульфонол – 1,8. Призначений очищення агрегатів і деталей від асфальтено–смолистих відкладень. Застосовують у вигляді підігрітих до 80–100°С водних розчинів концентрацією 20–25 г/л.

Водні розчини МЛ–51 і МЛ–52 утворюють на поверхні, що очищається, малостійкі емульсії, які в мийних машина розпадаються. Зневоднені оливні забруднення спливають. Нижня частина мийного розчину залишається незабрудненою і придатною для подальшого використання.

Темп–100 – сипучий порошок від білого до світло–жовтого кольору. Склад (у за масою): синтанол ДС – 10 або ДТ–7 – 1,5, оксифос або естефат – 0,5, тринатрійфосфат – 20 (або динатрійфосфат – 25), триполіфосфат натрію – 15, метасилікат натрію – 10, карбонат натрію – 26, решта – сульфат натрію. Призначений для струменевого очищення агрегатів перед розбиранням і дефектацією з метою видалення основної маси оливних забруднень, смолянистих відкладень. Розчини цього засобу утворюють із забрудненням малостабільну емульсію, яка розшаровується. Липкі забруднення спливають на поверхню, а механічні домішки осідають на дні бака, що дає змогу багато разів використовувати мийний розчин. Робоча концентрація розчину – 5 – 20 г/л, очищення проводиться при температурі 70 – 85°С. У розчин уводять інгібітор корозії. Цей препарат порівняно із СМЗ Лабомід–101 забезпечує вищу якість очищення при скороченні часу очищення на 20 – 30%, що рівносильне зниженню витрат енергії на виконання технологічного процесу. Розроблені модифікації препарату Темп–100 (це Темп–101А, Темп–101Д. Темп–101А) забезпечують водночас високу якість очищення виробів і захист від корозії на

період до 24 днів. Темп–101Д володіє зниженими стабілізуючими властивостями щодо нафтопродуктів через уведення у рецептуру поліелектроліту, який руйнує оливні емульсії, що спрощує процес очищення і регенерацію мийних розчинів і олив. Під час циркуляції мийного розчину в струменевих машинах концентрація олив зменшується з 1 – 2,5 г/л, для існуючих СМЗ, до 0,1 – 0,36 г/л при використанні Темп–101 Д. Після відстоювання впродовж 12 годин вміст олив знижується до 15 – 20 млг/л проти 1300 –1500 млг/л для існуючих СМ3.

Розчинні емульгуючі засоби (РЕЗ) останнім часом ширшоко застосовують для очищення деталей. Спочатку очищення відбувається шляхом розчинення забруднень. Потім деталі поміщають у воду або водний розчин, де відбувається емульгування розчинника й забруднень, що залишилися, і перехід їх у розчин, що забезпечує ефективніше очищення деталей порівняно зі застосуванням тільки розчинників. Розчинювальні емульгуючі засоби застосовують для очищення деталей від міцних забруднень (наприклад, асфальтено-смолистих відкладень). Вони включають: базовий розчинник, який забезпечує основний ефект очищення (ксилол, гас, уайт–спирит, хлоровані вуглеводні тощо); співрозчинник, який забезпечує однорідність і стабільність розчину; ПАР, що забезпечує змочуваність і емульгованість РЕЗ; воду, необхідну для забезпечення необхідної концентрації розчину.

Розрізняють дві групи РЕЗ. Засоби, що входять до першої групи, отримують змішуванням органічних речовин з ПАР і розчинником:

Термос–1 – рідина, що отримується змішуванням компонентів (у % за масою): уайт–спірит – 40, ОП–4 – 10, ОП–7 – 1, сульфонат – 0,2, вода – до 100. Робочим розчином є суміш вказаних складів (10 – 12 г/л) у дизельному паливі. Застосовується для попереднього розпушування відкладень. Деталі витримуються у препараті протягом 20 – 40 хв. при 40 – 60°С, потім обполіскуються водним розчином триполіфосфату натрію (1–5 г/л) при 40–50°С.

Емульсин (Лабомід–301) – рідина, що отримується змішуванням компонентів (у % за масою): ПАР ОС–20 – 7 – 10 і ОП–4 – 10 – 12, вода 5 – 7, гас – до 100. Деталі витримуються у препараті протягом 30–60 хв. при 40–60ºС, після чого обполіскуються водними розчинами технічних миючих засобів типу МЛ і МС. Застосовують для очищення деталей шасі і двигунів при підігріві до (50 ± 10)°С.

ДВП–1 «Цистерін» складається з суміші компонентів (у % за масою): уайт–спирит – (78 ± 0,5), масло талове – (11 ± 0,5), ПАР ОП–7 – 5, гідроксид натрію – 1,2, вода – 4,8. Робоча концентрація засобу складає 50% суміші в дизельному паливі. Застосовують для очищення розібраних двигунів та вузлів від асфальтено–смолистих відкладень при температурі суміші 20–40°С.

Карбозоль є сумішшю компонентів (у % за масою): масло кам’яно вугільне поглинальне – 7,45, бутиловий ефір з 30% етилацетату – 9,3, ПАР ОП–7 – 14,7, аромат земляний – 1,7, вода – до 100. Застосовують для очищення двигунів і їхніх деталей від нагароподібних і оливних забруднень при 40 – 50°С.

АМ–15 складається з суміші компонентів (у % за масою): ксилол нафтовий – 70–76, масло касторове сульфіноване – 22–28, синтанол ДС–10 або ПАР ОС–20–2. Застосовують для очищення двигунів і їхніх деталей від асфальтени–смолистих викладень і для відновлення пропускної спроможності фільтрів грубого очищення при 20 – 40°С протягом 40 хв. Деталі витримують в препараті, після чого промивають водними розчинами Лабоміда або МС.

Караюдіп МК–3 складається з суміші компонентів (у % за масою): уайт–спирит – 50,7, каніфоль соснова – 33,9, вода – 12,4, карбонат натрію – 3. Робочий склад готують шляхом змішування суміші з дизельним паливом в співвідношенні 1:1. Застосовують для очищення двигунів і їхніх деталей від асфальтено–смолистих відкладень і оливи при підігріві суміші до 50°С протягом 40 хв.

Перевагами РЕЗ першої групи є дешевизна, простота приготування і незначна токсичність, а недоліками – вогненебезпечність, порівняно низька ефективність очищення, особливо від асфальтено–смолистих речовин.

Друга група РЕЗ ефективніша, оскільки для їхнього виготовлення використовуються хлоровані вуглеводні (трихлоретилен, перхлоретилен, метиленхлорид, чотирихлористий вуглець, метилхлороформ тощо). Переваги РЕЗ другої групи – це висока розчинювальна здатність, вони невогненебезпечні, добре змішуються з органічними розчинниками, недоліки – висока токсичність, схильність до окислення, наявність вологи, що конденсується, розкладання за певних умов з виділеннями хлориду водню, який сильно кородує металеві деталі (для запобігання виділенню хлориду водню додається стабілізатор – триетаноламін, дифеніламін в кількості 0,01 – 0,02%, а як інгібітори корозії застосовують ланолін, МСДА–11 або Акор–2).

Найширше застосовуються такі РЕЗ:

Лабомід–315 (Ритм) містить хлорований розчинник, аліфатичні або ароматичні вуглеводні, СМЗ, солі карбонових кислот і воду. Застосовують 100%–ї концентрації для видалення вуглецевих відкладень, залишків деяких лакофарбових покриттів. Ритм забезпечує очищення виробів від асфальтено – смолистих забруднень при кімнатній температурі у 2 – 3 рази швидше, ніж препарат АМ–15 і у 4 – 6 разів швидші, ніж інші СМЗ. При збільшенні витримки до 2–3 год. Лабомід–315 (Ритм) очищає вироби від забруднень, близьких до нагароподібних. Технологія очищення двохстадійна: обробка в препараті Ритм і обполіскування розчином СМЗ. Знижені робочі температури сприяють скороченню витрат теплової енергії на операціях очищення від асфальтено– смолистих відкладень у 5 – 6 разів.

Лабомід–311 містить (у % за масою): трихлоретану – 60, трикрезолу – 30, синтанолу ДС–10 – 5, алкілсульфатів – 5. Для використання готують суміш вказаних компонентів у гасі або воді з концентрацією від 5 до 100% (за масою). Засіб використовують для розчинення і видалення асфальтено–смолистих відкладень з поверхні деталей. Очищення проводять при температурі 20ºС.

Лабомід–312 містить (у % за масою): трихлоретану – 60, трикрезолу – 30, синтанолу ДС–10 – 5, алкілсульфатів – 5. Застосовують з тією ж метою, що і Лабомід–311. Для очищення деталей витримують у водному розчині препарату

(1:0,25) або в розчині гасу (1:1) протягом 10 – 20 хв. при 20 – 30ºС, після чого обполіскують у лужному розчині протягом 2–3 хв.

Для видалення нагару застосовують рідини з найвищими мийними й розчинювальними властивостями. До них належать крезольні, склад яких наведений в табл. 10.9. Рідина не викликає корозії металів. Для видалення нагару зі стальних і алюмінієвих деталей використовують рідини, склад яких наведений у табл. 10.10. Температура застосування рідин – 80 – 95°С, час витримки – 2–3 год.

Таблиця 10.9 − Крезольні рідини для видалення нагару

Склад	*Концентрація,%*	*Температура застосування, С*	*Час витримки,*
Склад 1: трикрезол, мильний емульгатор, вода	62 – 30 – 8	80–85	2–3
Склад 2: о–дихлорбензол, трикрезол, олеат калію, вода	62 – 23 – 10 –5	65	2–3

Таблиця 10.10 −Рідини для видалення нагару зі стальних і алюмінієвих деталей

Склад	*Деталі зі сталі*	*Деталь з алюмінію*
Гідроксид натрію, кг	2,5	–
Карбонат натрію, кг	3,1	2,0
Силікати натрію, кг	1,0	0,8
Мило, кг	0,8	1,0
Біхромат калію, кг	0,5	0,5
Вода, л	100	100

Для видалення накипу найчастіше використовують розчини соляної кислоти з інгібітором корозії. Для очищення розчин прокачують через систему двигуна або окремі його деталі занурюють у спеціальну ванну з розчином мийного засобу. При застосуванні розчину соляної кислоти (10 – 15% концентрацій за масою) деталі занурюють у ванну з розчином, прогрітим до 40 – 60°С, на 20 – 30 хв. Потім деталі обполіскують проточною водою і занурюють на 3–5 хв у ванну з лужним розчином (10 г/л карбонату натрію і 3–5 г/л нітриту натрію) при температурі 60–70°С.

Найефективніше очищення деталей від накипу проводиться за допомогою лужного розплаву, який використовують також для очищення деталей від нагару і продуктів корозії. Розплав складається з отаких компонентів (у % за масою): гідроксид натрію – 60 – 70, нітрат натрію – 25 – 35, хлорид натрію – 5. Кожен компонент виконує певні функції у загальному механізмі руйнування накипу. Технологія процесу видалення накипу включає чотири етапи: обробка деталей розплавом, промивка у проточній воді, протравлення у кислотному розчині і промивання у гарячій воді. У розплаві деталі витримують протягом 5 – 12 хв. Бурхливе пароутворення сприяє

швидкому розчиненню залишків розплаву. Пара, що утворюється, сприяє також руйнуванню розпушених частинок окалини і видаленню їх з поверхні деталей. При очищенні деталей з чавуну і сталей після двох етапів їх витримують в 50% інгібірованому розчині соляної кислоти при температурі 50 – 60°С протягом 5 – 6 хв. Потім деталі промивають у розчині, що містить карбонат натрію (3 – 5 г/л) і тринатрійфосфат (1,5–2 г/л) при 80 – 90°С протягом 5 – 6 хв. При одночасній обробці деталей з чавуну, сталі й алюмінієвих сплавів у розчин соляної кислоти додають фосфорну кислоту й триоксид хрому з розрахунку відповідно 85 і 125 г на літру води. Тривалість обробки цим розчином – 5 – 6 хв при 85 – 95°С.

Лакові плівки відділяються за допомогою крезольної рідини у такій послідовності: проводять попереднє знежирення струмінним способом водним розчином, що містить карбонат натрію (0,2%) і біхромат калію (0,2%) при температурі 80°С; обробляють крезольною рідиною протягом – 15 – 25 хв; промивають гарячою водою (80 – 90°С) протягом 5 – 10 хв; проводять остаточне знежирення; сушать сухим стиснутим повітрям; проводять протикорозійну обробку й обробку в уайт–спириті протягом 10 хв.

З оливних баків вуглецеві осади видаляють так: пропарюють бак протягом) 2 год; заливають водно–креолінову емульсію (1:1), підігріту до 60 – 70°С, у кількості 0,2 частини місткості бака; промивають (при безперервному гойданні бака) протягом 11,5 год, замінюючи емульсію кожних 30 хв; промивають маслобак гарячою водою до повного видалення креолінової емульсії; сушать стиснутим повітрям.

З оливних радіаторів осад видаляють так: заздалегідь видаляють залишки оливи прокачуванням гасу протягом 0,5 – 2 с; проводять промивку прокачуванням чистого підігрітого до 70 – 75°С креоліну через радіатор протягом 1,5 – 2 год. (напрям прокачування міняється кожні 10 – 15 с); проводять промивку радіатора спочатку гарячою (80°С), а потім проточною (10 – 20°С) водою до повного видалення креоліну; здійснюють контроль повноти промивки радіатора (заповнюють його водою і витримують протягом 10 – 20 хв, потім воду зливають); для видалення залишків вуглецевих відкладень, не змитих водою, через радіатор прокачують гас у прямому й зворотному напрямах протягом 20 хв.; проводять остаточну промивку – прокачування гарячою (90–100°С) оливою протягом 30 хв у різних напрямах. Усі перераховані операції промивки повинні відбуватися поступово одна за одною без перерви.

Стару фарбу на ремонтних підприємствах видаляють шляхом занурення у водний розчин карбонату натрію різної концентрації з подальшою промивкою водою (60 – 70°С), нейтралізацією 5%–ним розчином ортофосфорної кислоти і остаточною промивкою і пасивацією (для підвищення протикорозійної стійкості лакофарбових покриттів).

Стару фарбу кузова автобуса видаляють струмінним методом у такій послідовності: обробка 6%–ним розчином карбонату натрію при 70 – 80°С протягом 15 хв; стікання розчину; промивка кузова горючою водою при 80 – 90°С протягом 15 хв. (вода для промивки періодично оновлюється з розрахунку 30 л на 1 $м^2$ оброблюваної поверхні); сушіння кузова; обробка 3%-ним

розчином і ортофосфорної кислоти для нейтралізації залишків карбонату нагрію; стікання кислоти протягом 5 хв; промивка водою.

10.3.3. Установки для миття і очищення

Деталі після розбирання (а також перед збиранням) промивають у струминних, занурювальних або комбінованих мийних машинах, а також мийних установках спеціального призначення.

Струмінні мийні машини поділяються на камерні й конвеєрні. До типових елементів мийних установок належать мийна камера, струминний колектор, бак для мийного розчину, нагнітальні насоси, відкотні візки або кошики для деталей. Струмінні конвеєрні установки обладнуються підвісним або підлоговим конвеєром для транспортування деталей у зону миття.

Струмені мийного розчину в струмінних машинах формуються і спрямовуються на поверхню деталі за допомогою гідрантів, які є системою трубопроводів, приєднаних до нагнітального насоса й забезпечених насадками. Струмені мийного розчину в робочій зоні мийної камери можуть бути постійними (пасивна дія, рис. 10.6,а, – рис. 10.6,в) або безперервно змінними (активна дія, рис. 10.6,г – 10.6,е). Гідранти, що обертаються, дають змогу в 3 – 4 рази скоротити необхідну кількість насадок і зменшити енерговитрати на миття.

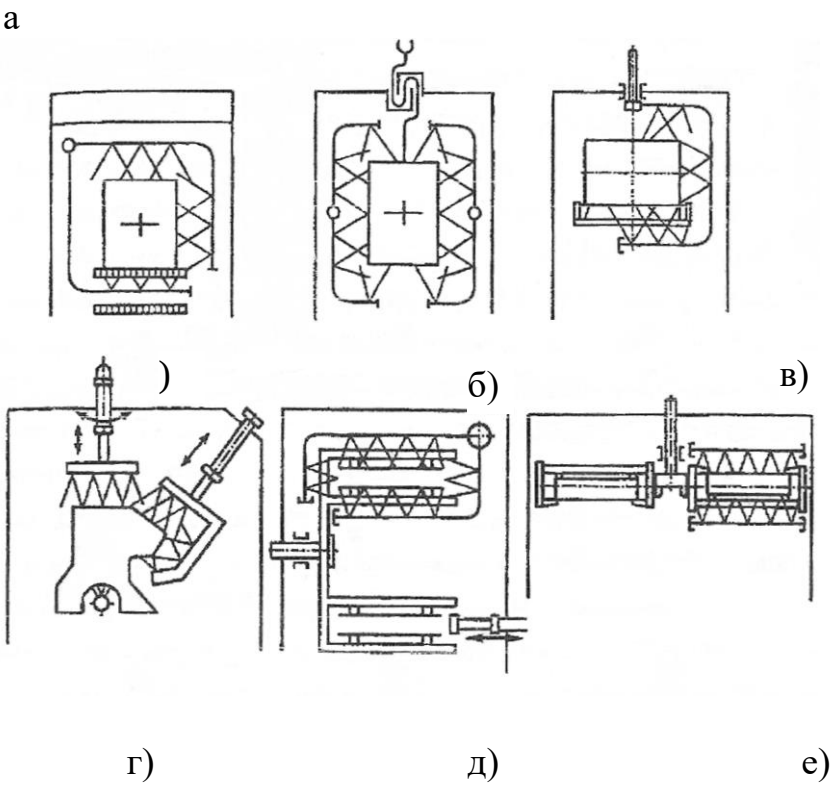


Рисунок 10.6 − Схеми гідрантів струмінних машин з пасивною (а–в) і активною (г–е) дією струменів

За енерговитратами струминні машини значно поступаються занурювальним. Вони не забезпечують повного видалення забруднень у різних

поглибленнях, отворах, кишенях, екранованих від прямого попадання мийного розчину.

Занурювальні мийні установки поділяються на ванни, роторні й установки з вібруючою платформою.

Ванна для очищення деталей зануренням (рис. 10.7) має корпус, у якому у нижній частині об'єму мийної рідини розташовуються нагрівальні елементи (парові або електричні), і решітки для установки виробів, що очищаються, або контейнер з деталями. У верхній частині ванни над поверхнею розчину розташовані бортові отвори для видалення виділень шкідливої пари.

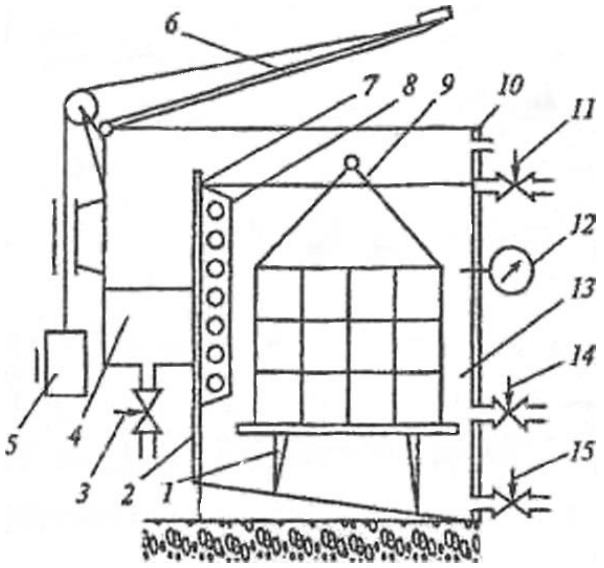


Рисунок 10.7 − Схема занурювальної установки: 1 – підставка для деталей; 2 – нагрівач; 3 – вентиль зливу оливи; 4 – жолоб флотації; 5 – противага; 6 – кришка; 7 – теплоізоляція; 8 – огорожа нагрівача; 9 – контейнер з деталями; 10 – запобіжний злив; 11 – вентиль доливання води; 12 – термометр; 13 – мийний розчин; 14 – вентиль зливу розчину; 15 – вентиль зливу донних відкладень

Ванна з великою поверхнею дзеркала поміщається в кожух, обладнаний витяжною вентиляцією і герметичною кришкою з гідрозасувом. Для збору оливних і жирових забруднень, що спливли на поверхню, ванна оснащена коритом флотації. Іноді кислотні ванни для зменшення шкідливих випаровувань покривають шаром пластмасових кульок.

Комбіновані установки поєднують різні способи миття. Вони складаються з заглибної секції, обладнаної лопатевими гвинтами, і секції струмінного обполіскування.

Циркуляційні мийні установки використовують для очищення різних порожнин деталей: картерів двигунів і агрегатів, паливних баків, систем охолодження двигунів тощо.

Спеціальні мийні установки рекомендуються для очищення деталей від нагару, накипу. В установках цього типу реалізують різні способи очищення: фізико–хімічні, механічні. В установці ОМ–4944 деталі очищаються у розплаві солей. Установка складається з чотирьох ванн (для розплаву солей, розчину кислоти і дві промивальні), закритих загальним кожухом; системи відсмоктування газів; піднімально–транспортного устаткування й електрошафи.

Металеві щітки (крацери) застосовують для видалення нагару з поверхонь деталей, виготовлених з чавуну та сталі. Для щіток використовують стальний дріт діаметром 0,05 – 0,30 мм, привід забезпечують від пневматичних і електричних шліфувальних машин.

З іскрових свічок запалювання нагар видаляють піскоструминною обробкою. Очищення свічок проводять за допомогою приладу 514–2М. Час очищення 6 –10 с.

При гідроабразивному способі очищення на забруднену поверхню діє струмінь води з абразивним матеріалом, що викидається стиснутим повітрям, яке служить енергоносієм. Як абразивний матеріал застосовують кварцовий пісок, оксид алюмінію, карбіди бору і кремнію з розміром частинок 0,8 – 1,0 мм. Співвідношення піску та води за об'ємом складає 1:2 – 1:6. Установки для гідроабразивного очищення за способом подачі абразивної рідини поділяються на установки, що працюють за принципом ежекції абразивної суміші (пневмоежекційні), витискування абразивної суміші і за принципом роздільної подачі до сопла води і суміші повітря з піском. Рекомендується подавати струмінь до поверхні, що очищається під кутом 30 – 60°.

Поверхні блоків двигунів, головок блоків, випускних колекторів і інших деталей від нагару, а також гільзи циліндрів від накипу очищають кісточковим дрібняком у спеціальних установках. Кісточковий дрібняк – це роздроблена на дрібно шкаралупа фруктових кісточок. У камері установки кісточковий дрібняк викидається з сопла з великою швидкістю, ударяється об поверхню деталі і очищає її від забруднень. При обробці на поверхнях деталей подряпини не утворюються, у тому числі й у алюмінієвих сплавів. За розміром частинок кісточковий дрібняк ділять на три сорти: великий, середній і дрібний. Для видалення нагару застосовують великий дрібняк вологістю 15 – 20%, щоб запобігти його дробленню. Деталі перед обробкою знежирюють СМЗ, щоб кісточковий дрібняк не засолювався. Після очищення від нагару деталі обдувають стиснутим повітрям, а залишки пилу змивають у мийній машині.

Малогабаритні деталі й деталі, що мають складну конфігурацію (дизельна паливна апаратура, карбюратори, електроустаткування, елементи оливних фільтрів і дрібні підшипники) піддаються ультразвуковому очищенню. Установки складаються з джерела високочастотних електричних коливань (генератора), перетворювача електричних коливань у пружні механічні й ванни для мийного розчину. Ультразвукові коливання, які створюються перетворювачем, передаються у розчин ванни через мембрану. Частота ультразвукових коливань складає 20,5 – 23,5 кГц, напруга живлення – 440 – 480 В, а сила струму намагнічування – 20 – 25 А.

10.3.4. Технологічний процес мийно–очисних робіт

Різноманітність складу та властивостей забруднень, складність рельєфу об'єктів очищення і особливість фізико–хімічних властивостей матеріалів, з яких виготовлені деталі, визначають необхідність багатоетапного здійснення процесу мийно–очисних робіт.

Усі деталі і вузли діляться на групи залежно від виду забруднень і конструктивних особливостей. Кожна група проходить свій маршрут миття і очищення.

Якість очищення оцінюють величиною залишкового забруднення на деталях, яка може бути визначена ваговим, візуальним і люмінесцентним

способами контролю. При ваговому способі визначають різницю в масі деталі, що пройшла миття і очищення, і чистої (еталонної) деталі. Візуальний спосіб полягає у порівнянні залишкової забрудненості поверхонь деталей з умовною шкалою або шаблоном оцінки якості очищення. Люмінесцентний спосіб заснований на властивості олив світитися (флуоресціювати) під дією ультрафіолетового світла (за величиною плям, що світяться, роблять висновок про забрудненість поверхні).

Після мийно–очисних робіт допустима кількість забруднень на поверхні деталей, під час подачі на дефекацію, не повинна перевищувати: 1,25 мг/см^2 – при шорсткості поверхні 10 мкм; 0,7 мг/см^2 – при значенні параметра R_a=2,5 – 6,3 мкм; 0,25 мг/см^2 – при значенні параметра R_z =6,3 – 0,16 мкм; під час подачі на збирання – 0,10 – 0,15 мг/см^2; на фарбування – 0,005 мг/см^2.

10.4. Дефектування деталей

10.4.1. Дефектування і сортування деталей

Помилки конструювання, порушення технологічного процесу виробництва, технічного обслуговування й ремонту автомобілів, а також експлуатація призводить до виникнення дефектів. **Дефектом** називають кожну окрему невідповідність продукції вимогам, установленим нормативною документацією.

Дефекти деталей за місцем розташування діляться на локальні (тріщини, риски тощо), дефекти у всьому об’ємі або по усій поверхні (невідповідність хімічного складу, якості механічної обробки тощо), дефекти в обмежених зонах об’єму або поверхні деталі (зони неповного загартування, корозійні пошкодження, місцевий наклеп тощо). Дефект може бути внутрішнім (глибинним) і зовнішнім (поверхневим і підповерхневим).

Зміна розмірів і форми базових поверхонь відбувається в результаті їх зношування, як правило нерівномірного: овальність, конусність. У результаті зношування внутрішньої робочої поверхні гільзи циліндра її профіль має вигляд, наведений на рис. 10.8. Діаметр робочої поверхні гільзи змінюється нерівномірно: циліндрична форма по довжині робочої частини перетворюється в неправильний конус, а по циліндричності – в овал. Найбільше зношування гільзи циліндрів спостерігається в зоні верхнього компресійного кільця.

Причиною появи овальності гільзи служить нерівномірний тиск поршня на її стінки в період робочого ходу. У площині хитання шатуна тиск поршня на стінки циліндра значно більший, ніж вздовж осі циліндра, тому і зношування в цій площині вище.

За можливістю виправлення **дефекти поділяють на такі, що усуваються і не усуваються**. Дефект, що усувається, технічно можливо й економічно доцільно виправити. У іншому випадку це дефект, що не усувається.

За відображенням у нормативній документації **дефекти поділяють на приховані та явні**. Прихований дефект – дефект, для виявлення якого в

нормативній документації не передбачені необхідні правила, методи й засоби контролю. У іншому випадку це явний дефект.

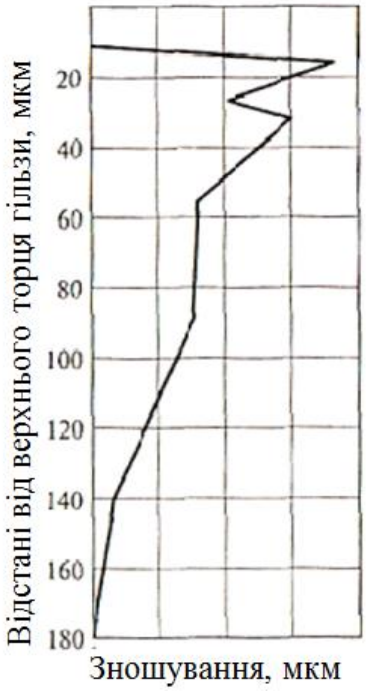


Рисунок 10.8 – Зношування гільзи циліндрів у зоні робочого ходу поршня

За причинами виникнення **дефекти поділяють на конструктивні, виробничі, експлуатаційні**. Конструктивні дефекти – це невідповідність вимогам технічного завдання або встановленим правилам розробки (модернізації) продукції. Причинами таких дефектів є помилковий вибір матеріалу виробу, неправильне визначення розмірів деталей, режиму термічної обробки. Ці дефекти є наслідком недосконалості конструкції і помилок конструювання. Виробничі дефекти – невідповідність вимогам нормативної документації на виготовлення, ремонт або постачання продукції. Виробничі дефекти виникають у результаті порушення технологічного процесу під час виготовлення або відновлення деталей. Експлуатаційні дефекти – це дефекти, які виникають у результаті зношування, втоми, корозії деталей, а також неправильної експлуатації. Найчастіше трапляються такі експлуатаційні дефекти: зміна розмірів і геометричної форми робочих поверхонь; порушення точності взаємного розташування робочих поверхонь; механічні пошкодження; корозійні пошкодження; зміна фізико–механічних властивостей матеріалу деталей.

Дефекти, що виникають у складальних одиницях, – втрата жорсткості з’єднання; порушення контакту поверхонь, посадки деталей і розмірних ланцюгів. Втрата жорсткості виникає у результаті ослаблення різьбових і заклепкових з’єднань. Порушення контакту – це наслідок зменшення площі прилягання поверхонь у спряжених деталей, унаслідок чого спостерігається втрата герметичності з’єднань і збільшення ударних навантажень. Порушення посадки деталей зумовлено збільшення зазору або зменшення натягу. Порушення розмірних ланцюгів відбувається через порушення співвісності, перпендикулярності, паралельності тощо, що призводить до нагріву деталей, підвищення навантаження, зміни геометричної форми, руйнування.

Дефекти, що виникають у деталях загалом, – порушення цілісності (тріщини, обломи, розриви тощо), невідповідність форми (вигин, скручування, вм’ятини тощо) і розмірів деталей. Причини порушення цілісності (механічні пошкодження) деталей – це перевищення допустимих навантажень у процесі експлуатації, або через втому матеріалу деталей, які працюють в умовах циклічних знакозмінних чи ударних навантажень. Динамічні навантаження на деталь можуть стати причиною виникнення невідповідності форми (деформації).

Дефекти, що виникають на окремих поверхня, – невідповідність розмірів, форми, взаємного розташування, фізико–механічних властивостей, порушення цілісності. Зміна розмірів і форми (нециліндричність, неплощинність тощо) поверхонь деталей відбувається у результаті їхнього зношування, а взаємного розташування поверхонь (неперпендикулярність, неспіввісність тощо) – через нерівномірність зношування поверхонь, внутрішні напруги або залишкові деформації. Фізико–механічні властивості матеріалу поверхонь деталей змінюються внаслідок їхнього нагрівання у процесі роботи або зношування зміцненого поверхневого шару, що призводить до зниження твердості. Порушення цілісності поверхонь деталей зумовлено корозійними, ерозійними або кавітаційними пошкодженнями. Корозійні пошкодження (суцільні окисні плівки, плями, раковини тощо) виникають у результаті хімічної або електрохімічної взаємодії металу деталі корозійним середовищем. Ерозійні та кавітаційні пошкодження поверхонь виникають при дії на метал потоку рідини, що рухається з великою швидкістю. Ерозійні пошкодження металу деталі відбуваються через його безперервний контакт зі струменем рідини, що призводить до утворення плівок оксидів, які при терті потоку рідини об метал руйнуються і відділяються з поверхні. Як наслідок, на поверхнях деталей утворюються плями, смуги, вимоїни. Кавітаційні пошкодження (каверни) металу відбуваються тоді, коли порушується суцільність потоку рідини й утворюються бульбашки, які перебуваючи біля поверхні деталі, зменшуються в об’ємі з великою швидкістю, що призводить до гідравлічного удару рідини об поверхню металу. У реальних умовах спостерігаються поєднання дефектів.

При виборі способу технології відновлення велике значення мають розміри дефектів. Величина дефектів – кількісна характеристика відхилення фактичних розмірів і (або) форми деталей та їх поверхонь від номінальних значень. Можна виділити три групи розмірів – до 0,5 мм; 0,5 – 2 мм і понад 2 мм.

10.4.2. Організація процесу дефектування деталей

Для оцінки технічного стану деталей з подальшим їхнім сортуванням на групи за придатністю у ремонтному виробництві присутній технологічний процес, який має назву **дефектування**. У ході цього процесу здійснюється перевірка відповідності деталей технічним вимогам, які викладені у технічних умовах на ремонт або у керівництві з ремонту. При цьому використовується суцільний контроль, тобто контроль кожної деталі. Дефектування деталей – це інструментальний і багатостадійний контроль. Для послідовного виключення невідновлюваних деталей із загальної маси використовують такі етапи виявлення дефектних деталей:

• з явними неусувними дефектами – візуальний контроль;

• з прихованими неусувними дефектами – неруйнівний контроль;

• з неусувним порушенням геометричних параметрів – вимірювальний контроль.

У процесі дефектування деталей застосовуються такі методи контролю: органолептичний (зовнішній огляд деталі, виявлення наявності деформацій, тріщин, задирів, сколів тощо); інструментальний – за допомогою пристосувань

і приладів (виявлення прихованих дефектів деталей за допомогою засобів неруйнівного контролю), безшкальних мір (калібри, рівні) і мікрометричних інструментів (штангенінструменти, мікрометри тощо) для оцінки розмірів, форми та розташування поверхонь деталей. Під час дефектування контролюють тільки ті елементи деталі, які у процесі експлуатації пошкоджуються або зношуються.

У результаті контролю деталі повинні бути розділені на три групи: придатні деталі, характер і знос яких є у межах, що допускаються технічними умовами (деталі цієї групи використовуються без ремонту); деталі, що підлягають відновленню, – дефекти цих деталей можуть бути усунені освоєними на ремонтному підприємстві способами ремонту; непридатні деталі.

Розподіл деталей за групами придатності не є стійким. Облік розподілу за групами дає змогу прогнозувати сприятливі та несприятливі ситуації розподілу й об'єктивно оцінювати якість праці розбирачів і дефектувальників.

На основі вивчення вірогідності появи дефектів на деталях, обліку їхнього взаємозв'язку розробляється стратегія дефектування, що дає змогу підвищити ефективність функціонування цієї дільниці. Придатні без ремонту деталі відправляють у відділення комплектування, а придатні габаритні деталі направляють безпосередньо на збирання. Непридатні деталі нагромаджують у контейнерах для чорних і кольорових металів, які потім відправляють на утилізацію (брухт).

Базові деталі великих розмірів (блок циліндрів, картер), що вимагають ремонту, направляють безпосередньо на пости відновлення. Усі інші деталі, що підлягають відновленню, нагромаджуються на складі, звідки партіями запускаються у виробництво цеху відновлення і виготовлення деталей.

Результати сортування деталей враховуються у дефектувальних відомостях, які є початковим довідковим матеріалом (інформацією) для визначення або коректування коефіцієнтів придатності, змінності й відновлення, а їхній аналіз є підставою для ухвалення рішень з планування роботи підприємства, організації матеріально–технічного постачання тощо.

Коефіцієнт придатності (КП) показує, яка частина деталей одного найменування може бути використана повторно без відновлення під час ремонту автомобілів (агрегатів):

$$КП = Nr / N, \tag{10.5}$$

де Nr – кількість придатних деталей; N – загальна кількість деталей одного найменування, що пройшли дефектування.

Коефіцієнт змінності ($Кс$) показує, яка частина деталей одного найменування вимагає заміни під час ремонту автомобілів (агрегатів):

$$Кс = Nн / N, \tag{10.6}$$

де $Nн$ – кількість непридатних деталей.

Коефіцієнт відновлення ($Кв$), характеризує частину деталей одного найменування, які необхідно відновлювати:

$$Кв = Nв / N, \tag{10.7}$$

де $Nв$ – кількість деталей, що вимагають відновлення.

$$Nr + Nн + Nв = N, \tag{10.8}$$

$$Кг + Кс + Кв = 1,0. \tag{10.9}$$

Обробка інформації, відображеної у дефектувальних відомостях, дає можливість визначити маршрутні коефіцієнти відновлення деталей, оскільки:

$$\begin{aligned} &N_1 + N_2 + N_3 + ... + N_i + ... + N_n = N_в; \\ &К_{в1} + К_{в2} + К_{в3} + ... + К_{вi} + ... + К_{вп} = К_в; \\ &K_1 + K_2 + K_3 + ... + K_i + ... + K_n = 1,0; \\ &K_i = N_i / N_в = N_i / (K_в N) = К_{вi} / К_в. \end{aligned} \tag{10.10}$$

де N_i – кількість відновлюваних деталей одного найменування за і–м маршрутом; $КВ_i = N_i / N; K_i$ – маршрутний коефіцієнт для і–го технологічного процесу відновлення деталей одного найменування; i – номер маршруту і відновлення певної деталі $(i = 1,2,3,...,n)$.

Технічні вимоги на дефектування деталей викладені у вигляді карт, у яких на кожну деталь є такі відомості: загальні відомості про деталь; перелік можливих її дефектів; способи виявлення дефектів; допустимі без ремонту розміри деталі й рекомендовані способи усунення дефектів. Технічні вимоги на дефектування деталей розробляються заводами–виготовлювачами автомобілів (агрегатів) або науково–дослідними організаціями, які усувають невизначеність інформації про автомобілі зарубіжних виробників.

Загальні відомості про деталь отримують з її робочого креслення і вони містять: ескіз деталі з вказівкою місць розташування дефектів; основні розміри деталі; матеріал і твердість основних поверхонь.

Можливі дефекти деталі виявляють на основі досвіду експлуатації і ремонту автомобілів (агрегатів), а також спеціальних науково–дослідницьких робіт.

Допустимий розмір деталі – це розмір, при якому деталь установлена під час капітального ремонту в автомобіль (агрегат) пропрацює до наступного капітального ремонту і її знос не перевищить граничного, тобто залишковий ресурс у деталі повинен бути не меншим від міжремонтного $t_м$ (рис. 10.9). Його визначають на основі зносу $З_{доп}$, що допускається. Тоді допустимий розмір буде дорівнювати:

– для вала $d_{доп} = d_н - З_{доп}$;

– для отвору $d_{доп} = d_н + З_{доп}$,

де $d_н$ – діаметр нового вала (отвору), мм; $З_{доп}$ – величина допустимого зносу, вала (отвори), мм.

Для знаходження $З_{доп}$ необхідно відкласти від точки *С* на кривій (рис. 10.9) значення міжремонтного ресурсу $З_{м}$. Точка *В* відповідає зносу $З_{доп}$, що допускається. Деталь під час ремонту вибраковують, якщо її розмір більший (для отвору) або менший (для вала) за допустимий.

Для визначення величини допустимого зносу деталі необхідно знати її граничний знос. Знос у точці переходу прямолінійної ділянки зношування в криволінійну (зону форсованого зносу) називають граничним $З_{пр,}$. Тобто таким, при якому подальша експлуатація деталі неможлива або недоцільна через неприпустиме зниження економічних або технологічних показників. Розмір деталі при зносі $З_{пр,}$ вважається граничним і за ним визначають граничний стан деталі. Напрацювання до граничного стану відповідає терміну її служби $t_{пр}$.

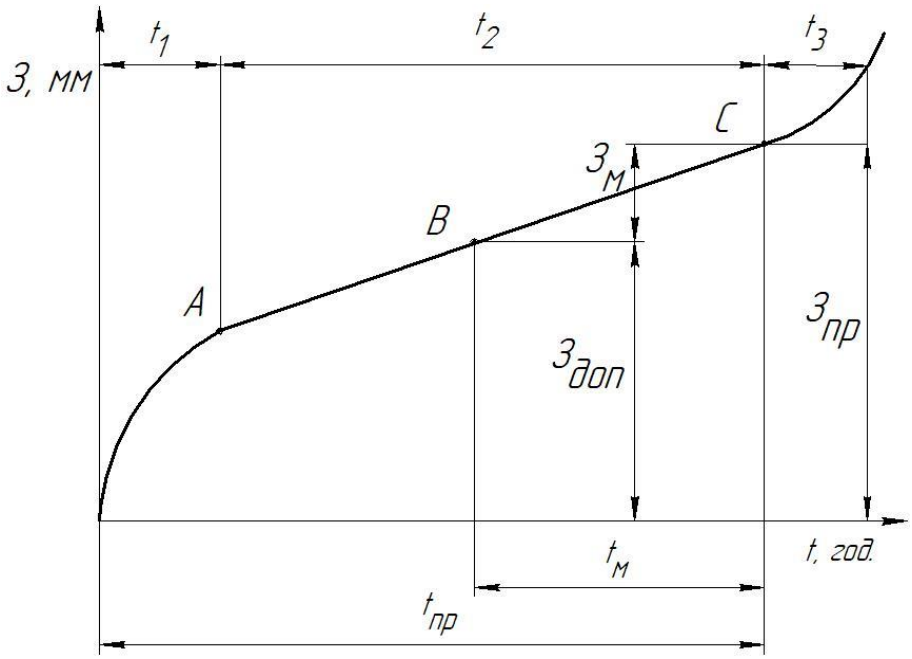


Рисунок 10.9 − Залежність зношування деталей від часу їхньої роботи:
t_1 – період припрацювання деталей; t_2 – період нормального зношування деталей; t_3 – період форсованого зношування деталей

Граничний розмір деталі встановлюють на основі економічного і технічного критеріїв. Економічний критерій визначається граничним зниженням економічних показників – втратою потужності, зниженням продуктивності, збільшенням витрати палива, оливи тощо, а технічний – характеризується різким прискоренням зношування, яке може призвести до аварії.

Величину допустимого зносу можна визначити за формулою:

$$З_{доп} = З_{пр} - З_{м}, \qquad (10.11)$$

де $З_{м}$ – величина зносу деталі за міжремонтний термін служби, автомобіля, мм.

Контроль прихованих дефектів. Методи неруйнівного контролю використовуються для виявлення дефектів у матеріалах, виробах і конструкціях, а також для вимірювання геометричних параметрів дефектів. Вони засновані на взаємодії різних фізичних полів або речовин з контрольованим об'єктом. Для виявлення тріщин і інших дефектів використовуються неруйнівні методи (згідно з ДСТУ 2865–94 неруйнівний контроль – це контроль якості продукції, за якого не повинна бути порушена придатність щодо застосування із повним збереженням закладених із самого початку функцій) – магнітно–порошковий, електромагнітний, ультразвуковий, звуковий і течкопошуковий.

Методи кожного виду неруйнівного контролю класифікуються за характером взаємодії фізичних полів і речовин з контрольованим об'єктом за способами отримання інформації.

До засобів дефектоскопічного контролю належать дефектоскопи й дефектоскопічні матеріали, допоміжні прилади, пристосування, контрольні зразки тощо.

Візуально–оптичні методи призначені для виявлення і вимірювання поверхневих, дефектів. Виявленню підлягають тріщини, розриви, деформації, раковини, корозійні й ерозійні виразки. Методи є суб'єктивними, мають невисоку достовірність і чутливість. Їх застосовують для виявлення порівняно великих поверхневих дефектів. При недостатній освітленості контрольованої поверхні застосовують світильники направленого випромінювання. Візуальний метод забезпечує виявлення тріщиш з розкриттям понад 0,1 мм, а візуально–оптичний при збільшенні приладу у 20–30 разів – не менше 0,02 мм. Візуально–оптичний контроль відрізняється високою продуктивністю, порівняно простим обладнанням, достатньо високою роздільною–здатністю.

Видимість дефектів визначається контрастністю, яскравістю, освітленістю і кутовим розміром об'єкта. Найважливішою умовою видимості є контраст. Контраст визначається властивістю дефектів виділятися на навколишньому фоні при різних оптичних характеристиках дефекту й фону.

Оптичні прилади значно розширюють межі можливостей ока, завдяки чому можна бачити дефекти, розміри яких є за межами роздільної здатності неозброєного ока. Для візуально–оптичного контролю деталей доцільно застосовувати прилади з кратністю збільшення не більше 20 – 30, оскільки зі зростанням кратності збільшення зменшуються поле зору, глибина різкості, продуктивність і надійність контролю.

За призначенням і конструктивним особливостям візуально–оптичні прилади діляться на:

– прилади для виявлення близько розміщених дефектів з відстані якнайкращого зору 250 мм і меншої. До приладів цієї групи належать монокулярні і бінокулярні лупи (лупи Польді – ЛП; доладні лупи – ЛАЗ; вимірювальні лупи – ЛІЗ тощо) та мікроскопи;

– оптичні прилади для виявлення невидимих дефектів у закритих порожнинах конструкцій, деталей, отворів тощо. Для контролю прихованих поверхонь застосовуються ендоскопи, перископні дефектоскопи. Контроль за

допомогою лінзового ендоскопа полягає в огляді закритих поверхонь через спеціальну оптичну систему з підсвічуванням, що забезпечує передачу зображення на відстань у декілька метрів. Перспективними є конструкції ендоскопів з волоконними світлопроводами, що дають змогу передавати зображення без спотворення на значні відстані. Волоконні світлопроводи складаються з тонких світлопровідних ниток діаметром до 50 мкм з оболонкою завтовшки до 2 мкм, зібраних у гнучкий джгут.

Магнітно–порошковий метод використовується тільки для контролю деталей, виготовлених з феромагнітних матеріалів. Застосовується для виявлення поверхневих порушень суцільності з шириною розкриття біля поверхні 0,001 мм, завглибшки 0,01 мм і виявлення великих підповерхневих дефектів, що розміщені на глибині до 1,5–2,0 мм. Метод використовує магнітне поле розсіювання, що виникає над дефектом при намагнічуванні виробу, і ґрунтується на явищі тяжіння частинок магнітного порошку у місцях виходу на поверхню контрольованої деталі магнітного потоку. Завдяки скупченню магнітного порошку біля дефекту забезпечується візуалізація форм і розмірів невидимих у звичайних умовах дефектів. Важлива перевага методу – це можливість точного визначення розташування кінців втомних тріщин і виявлення дефектів через шар немагнітного покриття. Якщо на контрольованій поверхні товщина немагнітного покриття становить до 0,1 мм, доцільно застосовувати магнітні суспензії, а понад 0,1 мм – магнітний порошок у зваженому стані.

Чутливість методу визначається магнітними характеристиками матеріалу контрольованого виробу, його формою і розмірами, чистотою обробки поверхні напруженістю магнітного поля, способами контролю, взаємним напрямом магнітного поля і дефекту, властивостями вживаного порошку, способом нанесення порошку або суспензії, а також освітленістю контрольованої ділянки виробу.

Для виявлення дефектів деталь намагнічують, і на поверхню, що підлягає контролю, наносять феромагнітні частинки, які перебувають у зваженому стані (найчастіше у вигляді суспензій на основі води, гасу, мінеральних олив). Якщо на шляху магнітного потоку трапляються перешкода у вигляді порушення суцільності (дефект), то частина магнітних силових ліній виходить з металу. Там, де вони виходять з металу і входять назад, утворюються локальні магнітні полюси N і S, що зумовлюють локальне магнітне поле над дефектом (поле розсіювання). Оскільки це поле неоднорідне, на магнітні частинки, що потрапили у нього, діють сили, що намагаються затягнути їх у місця найбільшої концентрації магнітних силових ліній. Для намагнічування деталей застосовують постійний і змінний струми, а також постійні магніти.

Частинки нагромаджуються поблизу дефекту й одночасно намагнічуються полем розсіювання дефекту. Притягуючись один до одного, вони утворюють ланцюжкові структури, орієнтовані за магнітними силовими лініями поля дефекту. У результаті над дефектом утворюється валик з осілого порошку. Ширина його значно більша за ширину дефекту.

При достатньому колірному контрасті порошку з фоном (чорний порошок, біла фарба) спостерігається стійке виявлення втомних тріщин під шаром фарби завтовшки 0,3 – 0,5 мм. Залежно від поверхні контрольованої деталі застосовують різні порошки: чорний магнітний для деталей зі світлою поверхнею; магнітно–люмінесцентний для деталей з темною поверхнею. За відсутності магнітно–люмінесцентного порошку деталі з темною поверхнею слід покривати білою нітроемаллю. У якості магнітного порошку допускається застосування чистої залізної окалини, яку отримують під час кування і пресування, а також стальної тирси, яку отримують під час шліфування стальних виробів. Їх рекомендується подрібнювати в кульових млинах і просівати через сито, перетворюючи на феромагнітну пудру. Також використовують магнітні суспензії. Для приготування магнітних суспензій можна використовувати гасооливні суміші із співвідношенням оливи і гасу 1:1 при 50 – 60 г магнітного порошку на 1 л рідини. Допускається застосування водних суспензій, наприклад мильно–водної з умістом у 1 л води 5 – 6 г мила, 1 г рідкого скла і 50 – 100 г магнітного порошку.

Технологія контролю має такі основні етапи: підготовка поверхні деталі до контролю, намагнічування деталі, нанесення на контрольовану поверхню магнітного порошку або суспензії, огляд деталі, розмагнічування. Контрольована поверхня перед намагнічуванням повинна бути очищена від пилу, бруду, олив.

Намагнічування деталі може здійснюватися способом прикладання магнітного поля або способом залишкової намагніченості. Під час першого способу намагнічування починають раніше або одночасно з моментом припинення нанесення суспензії або порошку і закінчують після набрякання суспензії на контрольованій поверхні. Під час другого способу нанесення суспензії здійснюється після повного намагнічування деталі. Вибір способу визначається магнітними властивостями матеріалу, розмірами та формою контрольованого виробу.

Вид намагнічування може бути циркуляційним, повздовжнім, комбінованим. Залежно від можливої орієнтації передбачуваних дефектів, намагнічування проводять в одному, двох або трьох взаємно перпендикулярних напрямах або застосовують комбіноване намагнічування. Нанесення магнітного порошку на контрольовану поверхню може бути сухим або мокрим. У першому випадку на намагнічену поверхню наносять сухий розпорошений магнітний порошок за допомогою повітряного струменя у вигляді повітряної суспензії, у другому – магнітну суспензію наносять за допомогою шланга, душу. Тиск струменя рідини (повітря) повинен бути достатньо слабким, щоб не змивався (здувався) магнітний порошок з дефектних місць.

Визначення місць розташування дефектів проводиться візуально, тобто фіксується наявність відкладень магнітного порошку в місцях дефектів. При необхідності розшифрування результатів контролю може проводитися із застосуванням оптичних засобів. Проконтрольовані деталі розмагнічують, оскільки залишкова намагніченість сприяє скупченню феромагнітних продуктів

зношування, що може прискорти корозійні процеси. При розмагнічуванні деталь перемагнічують магнітним полем, напруженість якого змінюється.

Для магнітно–порошкового контролю застосовуються стаціонарні універсальні дефектоскопи (рис. 10.10), переносні та пересувні.

Електромагнітний метод контролю застосовується для контролю деталей, виготовлених з електропровідних матеріалів. Він дає можливість визначити форму й розмір деталі, виявити поверхневі та глибинні тріщини, порожнини, неметалічні включення, міжкристалічну корозію тощо. Суть методу вимірювання ступеня взаємодії електромагнітного поля вихрових струмів.

Ультразвуковий метод контролю використовує закони розповсюдження, заломлення і віддзеркалення пружних хвиль частотою 0,524 МГц. За наявності дефектів у металі поле пружної хвилі змінює, в околицях дефекту свою структуру. Цей метод контролю дає змогу виявити дрібні дефекти до 1 мм. Існує декілька методів ультразвукової дефектоскопії. Поширення набули тіньовий і імпульсний методи. Для збудження пружних коливань у різних матеріалах найчастіше застосовують п’єзоелектричні перетворювачі, які є пластиною з монокристала кварцу або з п’єзокерамічних матеріалів, на поверхню яких наносять тонкі шари срібла.

Імпульсний метод контролю базується на явищі віддзеркалення ультразвуку від межі розділу речовин (рис. 10.11). Високочастотний генератор імпульсного дефектоскопа виробляє імпульси певної довжини, які прямують перетворювачем в контрольовану деталь. Після віддзеркалення імпульс повертається до перетворювача, який у цей момент перемикається на прийом; звідти відбитий імпульс через підсилювач поступає на екран. Роботою високочастотного генератора керує синхронізатор, який формує частоту проходження імпульсів. Крім того, синхронізатор запускає блок розгортки. Частота проходження високочастотних імпульсів установлюється з таким розрахунком, щоб залежно від розмірів деталі відбитий імпульс приходив до перетворювача раніше посилання наступного імпульсу. Тривалість імпульсу повинна становити не менше одного періоду коливань. За відсутності дефекту в деталі на екрані приладу буде два імпульси (що зондує і донний), відстань між якими відповідає товщині деталі. Якщо усередині деталі є дефект, то між зондувальним і донним імпульсами з’явиться імпульс відбитий від дефекту. Відстань між зондувальним імпульсом і відбитим від дефекту визначає глибину розташування дефекту. Чим більший дефект, тим більше акустичної енергії від нього відіб’ється, тим більшою буде амплітуда імпульсу, відбитого від дефекту. За цією амплітудою можна визначити відносний розмір дефекту.

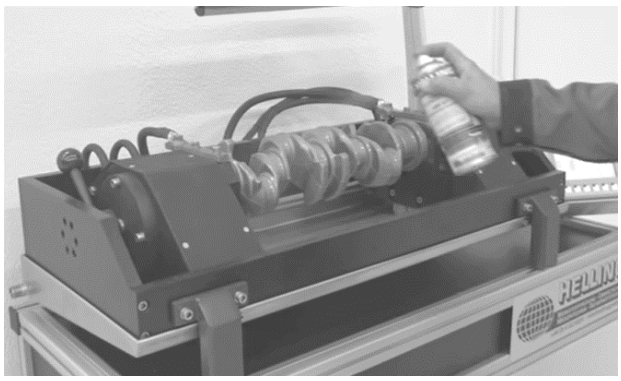


Рисунок 10.10 – Приклад використання магнітопорошкового дефектоскопа Universal 450

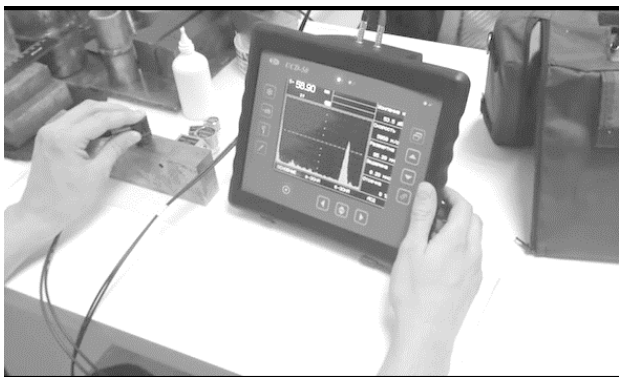


Рисунок 10.11 – Приклад використання ультразвукового дефектоскопа

Переваги методу: доступ до деталі; можливість визначення розмірів і розміщення дефекту. Недолік – наявність «мертвої» зони, яка є неконтрольованим поверхневим шаром, через який на екрані приладу відбитий від дефекту імпульс збігається із зондувальним імпульсом.

Капілярні методи контролю засновані на проникненні рідин в приховані області невидимих поверхневих порушень суцільності й виявленні дефектів шляхом утворення індикаторних оптично контрастних малюнків, що копіюють розміщення і форму дефектів. Виявлення невидимої тріщини шириною розкриття А відбувається шляхом прояву і збільшення індикаторного сліду від дефекту до розміру А і створення високого оптичного контрасту між поверхнею деталі й індикаторним малюнком. Метод забезпечує виявлення поверхневих тріщин розкриттям 0,001 мм, і завглибшки 0,01 мм і завдовжки більше 0,1 мм.

Капілярні методи призначені для виявлення поверхневих і наскрізних тріщин у магнітних і немагнітних матеріалах. Переваги методів: висока чутливість і роздільна здатність; наочність результатів контролю і можливість визначення напряму, протяжності і розмірів дефекту; можливість контролю виробів з будь–яких матеріалів; високий ступінь виявлення дефектів. Недоліки: висока трудомісткість; тривалість процесу (0,5–1,5 год. на одне вимірювання); великі габарити вживаного устаткування.

За характером слідів рідин, що проникають, й особливостями їхнього виявлення розрізняють такі методи капілярної дефектоскопії: яскравості (ахроматичний), колірний (хроматичний), люмінесцентний, люмінесцентно–кольоровий.

До методів *яскравості* капілярної дефектоскопії належать прості методи гасової або гасовооливної проби, де, як пенетрант, використовують гас, рідкі оливи або їхню суміш, а як проявник застосовують крейду у вигляді порошку або суспензії. Пенетрант, потрапляючи в шари крейди, викликає її потемніння, яке легко виявляється візуально при денному світлі.

При колірній дефектоскопії результатом прояву рідини, що проникає, над дефектом з’являється червоний індикаторний слід, який чітко виявляється на світлому фоні проявника.

При люмінесцентних методах з метою покращення виявлення слідів пенетранта до його складу вводять речовини, що люмінесцують в ультрафіолетовому світлі під час опромінювання контрольованої поверхні.

Технологія контролю має такі основні етапи: підготовку об'єкта до контролю; обробку контрольованої поверхні дефектоскопічними матеріалами; проявлення дефектів; виявлення, вимірювання дефектів і розшифрування результатів контролю; очищення об'єкта від матеріалів, уживаних під час контролю.

Обробка контрольованих об'єктів дефектоскопічними матеріалами – це заповнення порожнин дефектів індикаторним пенетратом, видалення його надлишку й нанесення проявника. Надлишок індикаторного пенетранта видаляється протиранням серветками, промиванням очисними складами під час занурення тощо.

Індикаторний пенетрант є люмінесцентною або кольоровою речовиною, хімічно активною до проявника. Проявником пенетранта є речовина, призначена для витягування пенетранта з порожнини дефекту й утворення індикаторного сліду для візуального сприйняття дефекту. Проявник може бути у рідкому, порошкоподібному стані або у вигляді плівки. Проявом слідів дефектів є процес утворення малюнків від дефектів на контрольованій поверхні.

Після розшифрування і аналізу результатів контролю проводять очищення контрольованих поверхонь шляхом протирання, промивання, обдування тощо.

Контроль герметичності (контроль протіканням) заснований на реєстрації або спостереженні проникнення пробних речовин – рідин або газів – через стінки конструкції. Його застосовують для виявлення наскрізних дефектів і здійснююсь декількома методами, залежно від використовуваних під час контролю пробних речовин і способів реєстрації або спостереження проходження пробних речовин через підтікання у виробі.

Компресійний метод контролю полягає у створенні перепаду тиску повітря або іншого газу між внутрішньою і зовнішньою поверхнями контрольованої конструкції і спостереженні проходження газу через підтікання у виробі, шляхом утворення бульбашок, або за падінням тиску в об'ємі контрольовану конструкції. Цей метод контролю виконують:

– способом обмилення – у контрольований виріб під тиском подають повітря. Зовнішню поверхню виробу покривають мильною піною, на якій під час проходження газу утворюються і протягом тривалого часу зберігаються бульбашки, які свідчать про наявність тріщини;

– способом занурення виробу у воду, що дає змогу визначити негерметичність деталі за виділенням бульбашок газу у місці розташування підтікання;

– манометричним способом, при якому після досягнення у контрольованій деталі заданого тиску пробного газу подачу газу відключають і тиск контролюють манометром. За наявності в деталі тріщини тиск падає. Манометричний спосіб контролю часто суміщають із способом обмилювання.

Гідравлічний заснований на створенні тиску пробної рідини в об'ємі контрольованої деталі.

Виявлення тріщин здійснюють:

– гідравлічним способом, при якому як пробну речовину використовують воду. Надмірний тиск створюють подачею води під тиском у контрольований об'єм. Появу води в місцях розташування підтікання спостерігають при зовнішньому огляді деталі;

– улюмінесцентно–гідравлічним способом, заснованим на використанні як пробної речовини розчину солей флуоресцеїну – речовини, водні розчини якої світяться зеленим світлом при опромінюванні ультрафіолетовими променями. Після опресовування деталі розчином солей флуоресцеїну зовнішню поверхню виробу опромінюють ультрафіолетовими променями. За наявності у виробі значних дефектів у місцях появи розчину флуоресцеїну на поверхні виробу спостерігають крапки й смужки, що світяться зеленим світлом;

– способом фіксації дефектів з використанням тканини або фільтрувального паперу. Його застосовують при контролі ділянок, поверхні деталі, недоступних для зволоження і огляду при ультрафіолетовому опромінюванні.

Контроль відхилень розмірів і форми робочих поверхонь деталі. Деталі ремонтного фонду мають знос робочих поверхонь і відхилення від установленої геометричної форми, які виявляють за допомогою засобів вимірювальної техніки з потрібного, для кожного випадку, точністю.

Перевірку розмірів деталей під час дефектування здійснюють з допомогою калібрів і універсального інструменту.

Терміни та визначення, що стосуються калібрів, наведені в ДСТУ 2234–93. Для контролю валів використовують граничні калібри–скоби (ГОСТ 2216–84, ГОСТ 18355–73, ГОСТ 18356–73), для контролю отворів – калібри–пробки (ГОСТ 14810–69, ГОСТ 14815–69).

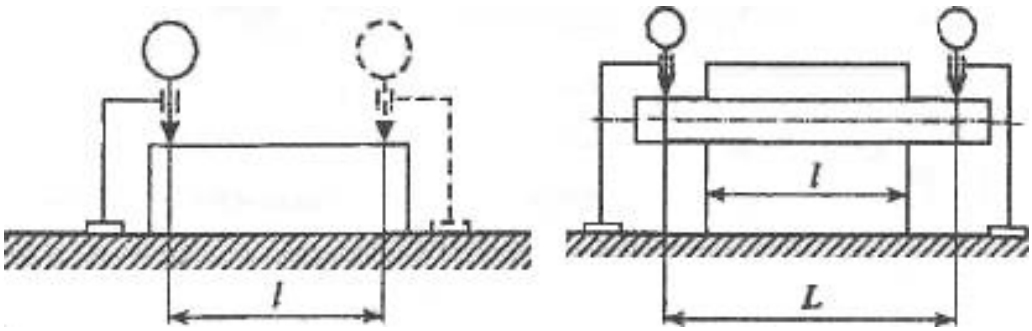
Універсальний інструмент включає штангенциркулі (ДСТУ ГОСТ 166:2009) – для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів деталей; штангензубоміри – для вимірювання товщини зубів циліндричних зубчастих коліс; штангенглибиноміри (ГОСТ 162–80) – для вимірювання глибини отворів і висоти виїмок; гладкі мікрометри (ДСТУ ГОСТ 6507:2009, ДСТУ ISO/IEC 17025:2017) – для вимірювання зовнішніх розмірів деталей; індикаторні нутроміри (ДСТУ ISO/IEC 17025:2006, ГОСТ 868–82) з комплектом змінних вимірювальних вставок – для вимірювання внутрішніх розмірів; індикатори годинного типу (ДСТУ ГОСТ 577:2009), які кріпляться або переміщаються у стійці або штативі та призначені для вимірювання лінійних розмірів і відхилення форми.

Відхилення від круглості вимірюють кругломірами; від площинності – за допомогою плит і щупів або за положенням окремих точок; від прямолінійності в площині – за допомогою перевірочних лінійок, рівнів і оптико–механічних приладів.

Контроль відхилень розташування поверхонь і осей деталі. Для оцінки точності положення поверхонь, як правило, задається база, якою може бути поверхня (площина), її твірна або точка (вершина конуса, центр сфери), вісь (циліндрична або конічна поверхні, різьблення).

За відхилення від паралельності площин приймають різницю найбільшої і найменшої відстані між прилеглими площинами у межах нормованої ділянки.

Вимірювання відхилення від паралельності площин на практиці здійснюють наступним чином. Деталь однією поверхнею (базовою) встановлюють на перевірочну плиту. За допомогою вимірювальної головки, закріпленої на стійці, визначають відхилення (рис. 10.12,а). Вимірювання відхилень від паралельності площини й осі отвору або двох осей можна проводити за допомогою спеціальних контрольних облямовувань. На рис. 10.12,б показана схема вимірювання відхилення від паралельності настановної поверхні деталі й осі отвору. Деталь установлюють базовою поверхнею на перевірочну плиту. У отвір деталі вводять облямовування і за допомогою вимірювальної головки із стійкою визначають відхилення від паралельності як різницю двох відліків. При такій схемі вимірювання необхідно враховувати, що в технічній документації допустиме відхилення від паралельності задається для нормованої довжини. Так, якщо на кресленні були задані відхилення від паралельності на довжині деталі l, а вимірювання провели на іншій довжині L, то необхідно привести заміряне на довжині L відхилення від паралельності ΔL до нормованої довжини вимірювань *1*.

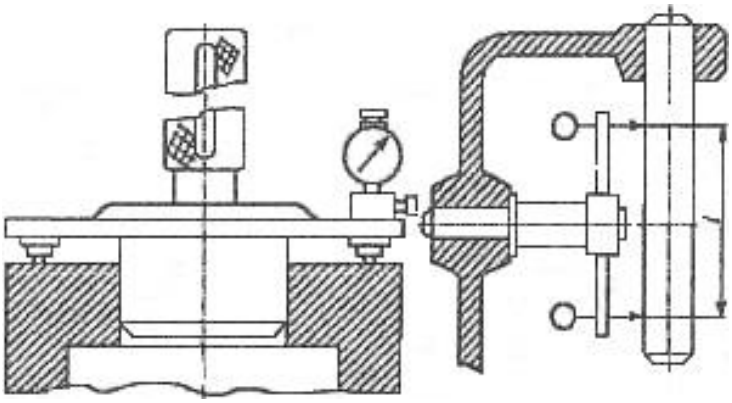


а) б)

Рисунок 10.12 − Типові схеми контролю відхилень від паралельності:
а) за допомогою вимірювальної головки, закріпленої на стояку;
б) за допомогою спеціальних облямовувань

За відхилення від перпендикулярності приймають відхилення кута між площинами, осями або віссю і площиною від прямого кута, виражене в лінійних одиницях на довжині нормованої ділянки від прилеглих поверхонь або ліній.

Вимірювання відхилення від перпендикулярності площин або торцевих поверхонь деталей щодо осей отворів або валів показано на рис. 10.13,а.



а) б)

Рисунок 10.13 − Типові схеми контролю відхилень від перпендикулярності:
а) площин; б) осей отворів

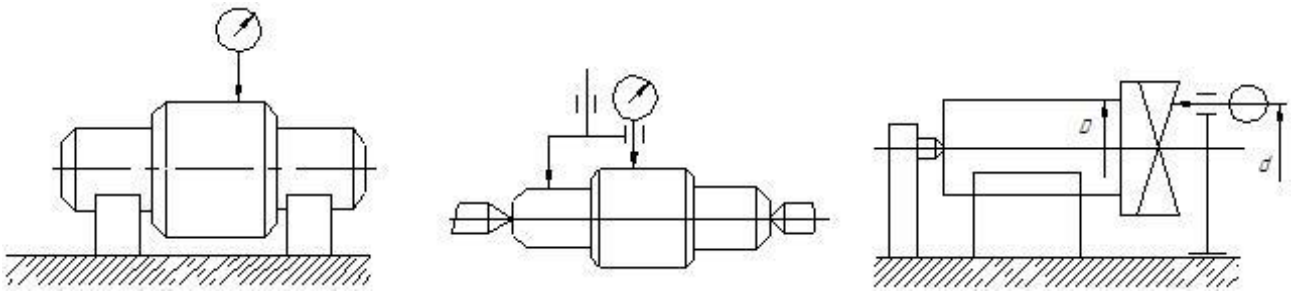
Пристосування центрують в отворі деталі, індикатор встановлюють на нуль. Потім його повертають разом з пристосуванням навколо осі отвору на 360º. При контролі відхилення від перпендикуляр–ності осі вала до якої–небудь площини пристосування вико–нують у вигляді кільця. На кільці паралельно до його осі кріплять індикатор. Кільце надягають на вал до упору й повертають на 360º.

Відхилення від перпендикулярності осей двох отворів можна визначити за допомогою облямовування і спеціального пристосування мостикового типу (рис. 10.13,б). Пристосування з двома індикаторами і облямовуванням встановлюють в один з отворів. Друге облямовування вставляють в інший отвір. Індикатори, що розміщуються на нормованій відстані один від одного, вводять у контакт з поверхнею другого облямовування і встановлюють на нуль. Повертають облямовування з містком на 180°. Піврізниця показів двох індикаторів рівна відхиленню від перпендикулярності.

Радіальне й торцеве биття належать до похибок розташування поверхонь.

За радіальне биття приймають різницю найбільшої і найменшої відстаней від точок реальної поверхні до базової осі обертання у перетині, перпендикулярному до цієї осі. Радіальне биття поверхні може задаватися щодо осі обертання деталі або щодо інших поверхонь. У цьому випадку останні використовують як базові і деталь встановлюють не в центрах, а в призми на ці поверхні (рис. 10.14,а). За биття вимірюваної поверхні щодо базових поверхонь приймають різницю найбільшого й найменшого показів вимірювального приладу за один оберт деталі. Радіальне биття поверхні щодо іншої може бути визначене установленням деталі в центрах (рис. 10.14,б). Пристосування підводять до контрольованої деталі до контакту упору з базовою поверхнею. Вимірювальний наконечник головки торкається вимірюваної поверхні. За радіальне биття поверхні щодо базової приймають різницю відхилень за один оберт деталі.

За торцеве биття приймають різницю найбільшої і найменшої відстаней від точок торцевої поверхні до площини, перпендикулярної до осі обертання. На рис. 10.14,в зображена схема вимірювання торцевого биття циліндричної деталі, яка встановлена базовою поверхнею у призму. Упор розташований на осі деталі. Торцеве биття визначають як різницю граничних показів вимірювальної головки.



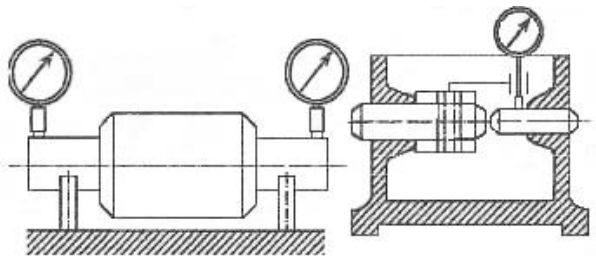
а) б) в)

Рисунок 10.14 − Типові схеми торцевого й радіального биття при установленні деталі в: а) призму; б) в центри; в) на базову поверхню призми

За відхилення від співвісності щодо осі базової поверхні приймається найбільша відстань між віссю даної поверхні обертання і віссю базової поверхні на дюжині нормованої ділянки. Визначається вимірюванням радіального биття поверхні, що перевіряється, у заданому перетині і в крайніх перетинах при обертанні деталі навколо осі базової поверхні (рис. 10.15).

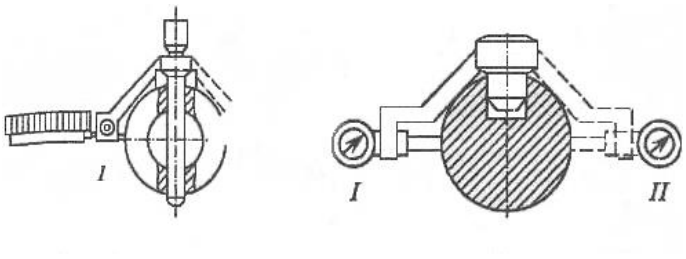
На рис. 10.15,а показано визначення відхилень від співвісності шийок вала з використанням двох вимірювальних приладів, а на рис. 10.15,б – двох отворів, розточених у корпусі, за допомогою двох облямовувань і кільця з вимірювальною головкою.

Відхиленням від симетричності щодо базового елементу називається найбільша відстань між площиною симетрії (віссю) даного елементу (або елементів) і площиною симетрії базового елементу у межах нормованої ділянки. Контроль відхилення від симетричності здійснюють універсальними вимірювальними засобами. На рис. 10.16,а показано вимірювання відхилення від симетричності наскрізного отвору, а на рис. 10.16,б – паза шпонки. За відхилення від симетричності приймають півризницю показів приладу в I і II положеннях.



а) б)

Рисунок 10.15 − Типові схеми контролю співвісності: а) з використанням двох вимірювальних приладів; б) з використанням двох, облямовувань і кільця



а) б)

Рисунок 10.16 − Типові схеми контролю симетричності:
а) наскрізного отвору; б) паза шпонки

Відхилення осей отворів від паралельності контролюють за допомогою втулок, що базують осі отворів, і двох оправок (рис. 10.17).

Відхилення осей отворів від перпендикулярності до осі вала контролюють за допомогою поворотного пристосування, оснащеного індикаторною головкою (рис. 10.18,а). На рис. 10.18,б наведений приклад визначення відхилення від перпендикулярності за допомогою щупа.

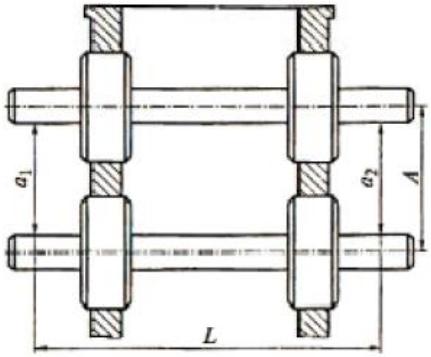
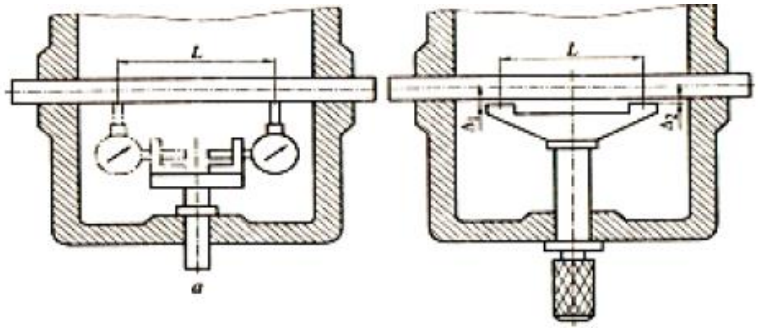


Рисунок 10.17 − Контроль непаралельності осей отворів: A – відстань між осями; L – відстань між точками a_1 і a_2



а) б)

Рисунок 10.18 − Контроль неперпендикулярності осей отворів до осі вала: а) поворотом індикаторної головки на кут 180°; б) контролем зазорів Δ_1 і Δ_2 щупом; L – відстань між точками контролю

Контрольні запитання до розділу

1. Як відбувається приймання автомобілів та агрегатів у ремонт?
2. Як відбувається зовнішнє миття автомобілів та агрегатів?
3. Як класифікують мийні машини?
4. Дайте визначення процесу розбирання.
5. Як відбувається процес розбирання різьбових з´єднань?
6. Як відбувається процес розбирання з´єднань з натягом?
7. Охарактеризуйте способи розбирання пресових з´єднань.
8. Як класифікують знімачі? Охарактеризуйте їх.
9. Які є вимоги з техніки безпеки при організації робочих місць?
10. Які є вимоги з техніки безпеки при виконанні розбірних операцій?
11. Як класифікують забруднення автомобільної техніки?
12. Які рідини використовують для видалення нагару із сталевих та алюмінієвих деталей?
13. З яких етапів складається технологічний процес мийно–очисних робіт?
14. Що розуміють під визначення дефект? Які є види дефектів?
15. Як відбувається процес дефектування?
16. Які методи контролю застосовують в процесі дефектування?
17. Що таке допустимий розмір деталі?
18. Поясніть призначення візуально-оптичних методів контролю.
19. Поясніть призначення компресійного методу контролю.

РОЗДІЛ 11

СПОСОБИ ТА ЗАСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ

В процесі експлуатації автомобілів, технологічного обладнання та інших механізмів їх надійність та довговічність знижуються внаслідок зношування деталей, корозії, втомленості, старіння матеріалу й інших процесів, які викликають появу несправностей та різних дефектів, усунення яких є необхідним для підтримання цих механізмів в працездатному стані.

Зношення багатьох деталей, до моменту поступлення вузлів чи механізмів в капітальний ремонт, не досягають граничних значень, передбачених технічними умовами, при цьому міцність деталей залишається достатньою. Ці деталі мають так звану залишкову довговічність і відносяться до числа деталей з допустимим зношенням, тобто можуть бути повторно використані без відновлення, зокрема при умові селективного складання. Другу велику групу складають деталі, які підлягають відновленню так як величина їх зношення виходить за межі допустимих значень. До них, в першу чергу, відносяться найбільш складні, металомісткі деталі високої вартості, наприклад колінчасті та розподільні вали, головка та блок циліндрів, ходові вали тощо. Вартість відновлення цих деталей не перевищує 10–50% затрат на виготовлення нових, що забезпечує економічну доцільність та ефективність технологічних процесів ремонтного відновлення деталей машин. Крім цього досягається значна економія високоякісного металу, енергетичних і трудових ресурсів, а також охорона навколишнього середовища.

Експлуатаційний ресурс відновлених деталей є меншим від нових, однак цей недолік успішно вирішується завдяки впровадженню нових прогресивних методів і технологічних процесів відновлення деталей машин.

Колективом кафедри запатентовано цілий ряд приспосіблень і способів відновлення деталей: гвинтова затискна спіраль (патент на корисну модель №14593); патрон з шнековим затиском і пневматичним приводом (патент на корисну модель №15685); гвинтовий затискний пристрій (патент на корисну модель №15686); шнековий патрон з пневматичним приводом (патент на корисну модель №16499); патрон для затиску тонкостінних втулок (патент на корисну модель №16500); оправка з гвинтовою затискною пружиною (патент на винахід №40988А); пристрій для розточування кільцевих канавок (патент на винахід №43097А); нарізний механізм (патент на винахід №43105А); верстат для розрізання гумово–металічних виробів (патент на винахід №43106А); пара тертя (патент на винахід №44187А); направляюча пара тертя штампу (патент на винахід №45227А); штамп для складання шлангів високого тиску (патент на винахід №56640А); пристрій для виготовлення П–подібних ободів (патент на винахід №65123А); пристрій для відновлення характеристик гвинтових пружин (патент на винахід №66506А); індуктор для гартування деталей типу «тіл обертання» (патент на корисну модель №20284); стенд для дослідження характеристик затискних патронів (патент на корисну модель №20308);

пристрій для обробки напівкруглих шліцевих пазів (патент на корисну модель №22495); привідний механізм з мікрометричним регулятором (патент на корисну модель №33222); гвинтовий затискний патрон (патент на корисну модель №33529); беззазорна оправка (патент на корисну модель №35060); патрон гвинтовий затискний (патент на корисну модель №45065); пристрій для завальцювання кульок в напрямні (патент на корисну модель №50886); спосіб токарної обробки криволінійних осей і пристрій для його здійснення (патент на винахід №47035А); спосіб для токарної обробки криволінійних осей і пристрій для його реалізації (патент на винахід №47036А); стопорне шліцеве з'єднання (патент на корисну модель №44549); спосіб відновлення підшипників кочення (патент на корисну модель №46250).

11.1. Класифікація способів відновлення деталей

Основне завдання ремонтного підприємства – це зниження собівартості ремонту автомобілів і агрегатів при забезпеченні гарантії післяремонтного ресурсу.

Дослідження показали, що в середньому близько 20 % деталей – не відновлюваних, 25...40 % – придатних, а інші 40...55 % – можна відновлювати.

Технології відновлення деталей відносяться до розряду найбільш ресурсозберігаючих, тому що в порівнянні з виготовленням нових деталей скорочуються витрати на 70 %. Основним джерелом економії ресурсів є витрати на матеріали. Середні витрати на матеріали при виготовленні деталей становлять 38 %, а при відновленні – 6,6 % від загальної собівартості. Для відновлення працездатності зношених деталей потрібно в 5...8 разів менше технологічних операцій у порівнянні з виготовленням нових деталей.

Незважаючи на рентабельність, трудомісткість відновлення деталей висока, на великих ремонтних підприємствах у середньому вона до 1,7 раз вища трудомісткості виготовлення однойменних деталей.

Дрібносерійний характер виробництва, використання універсального устаткування, часті його переналагодження, малі партії відновлюваних деталей затрудняють можливість значного зниження трудомісткості окремих операцій.

Основна кількість відмов деталей автомобілів [1] викликана зношуванням робочих поверхонь – до 50 %, 17,1 % пов'язано з ушкодженнями і 7,8 % викликано тріщинами. Основне місце серед технологічних відмов автомобілів займає двигун – це до 43 % відмов.

Залежно від характеру дефектів, що усуваються, усі способи відновлення деталей поділяються на три основні групи: відновлення деталей зі зношеними поверхнями, механічними ушкодженнями й з ушкодженнями антикорозійних покриттів.

Частка відновлюваних зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь становить 53,3 %, різьбових – 12,7 %, шліцьових – 10,4 %, зубчастих – 10,2 %, плоских – 6,5 %, інші – 6,9 %.

На рис. 11.1 наведена класифікація способів відновлення деталей в ремонтному виробництві й забезпечують необхідні експлуатаційні характеристики деталей.



Рисунок 11.1 −Класифікація способів відновлення деталей

11.2 Вибір оптимального способу відновлення деталей

Для забезпечення можливості цілеспрямованого вибору оптимального способу відновлення розроблений ряд критеріїв. Рекомендовано три наступні критерії [42]:

– критерій технологічного застосування, який враховує реальність виконання техпроцесу відновлення даним способом. За допомогою цього критерію відбирають усі способи, які можуть бути застосовані;

– критерій довговічності Кд, який дозволяє оцінити спосіб відновлення з погляду відносної величини ресурсу деталі після її відновлення,

$$K_{Д} = \frac{P_{В}}{P_{Н}} \tag{11.1}$$

де P_B, P_H – ресурс (довговічність) деталі відповідно після відновлення та нової деталі.

Рекомендоване значення КД для деталі, відновлюваної в перший раз, повинне становити не менш 0,8.

Наприклад, вартість відновлення деталі хромуванням у більшості випадків вище вартості нової, у той же час довговічність хромованої деталі в 2–3 рази більше, чим у нової. Хромування, травлення й інші процеси, застосовувані при гальванічному осадженні покриттів при відновлювані деталі, супроводжуються викидами в атмосферу кислотних пар, що отруюють навколишнє середовище.

На закордонних заводах до початку випуску автомобілів нової марки оцінюється номенклатура відновлюваних деталей, тобто завчасно підготовляється забезпечення процесу повторного використання автомобілів. Цей процес передбачає повну утилізацію застарілих або ушкоджених автомобілів і створення умов для відновлення всіх деталей, крім практично не відновлюваних.

11.3 Відновлення деталей металізацією

Переваги й недоліки, сфера застосування

Металізація або газотермічне напилення – це процес нанесення розплавленого або розпиленого металу на відновлювану поверхню. Розпилені частки досягають поверхні потоком повітря або спеціального газу з великою швидкістю в пластичному стані.

При контакті з поверхнею (на якій вилучені окиси, жири) напилені частки деформуються, проникають в мікронерівності та механічно зчіплюються з основним металом.

До недоліків цього способу слід віднести: наявність механічного зчеплення покриття з основним металом і відповідно більш низька зчеплюваність у порівнянні з іншими способами; напилений метал складається з дрібних часток, зв'язаних один з одним механічними зв'язками; необхідність застосовувати спеціальні методи підготовки поверхні до нанесення покриття; напилений метал не витримує ударні навантаження.

Переваги способів металізації – незначне нагрівання деталі (до температури 200 °С), висока продуктивність процесу, можливість отримати необхідну товщину напиленого металу у великому діапазоні (від 0,1 до 10 мм), простота технологічного процесу.

Відомі наступні види металізації: газовогнянна, електродугова, високочастотна, плазмова тощо.

Після розбирання агрегатів, деталі надходять у мийне відділення й очищаються від бруду, іржі, жиру й масла. Поверхні деталі знежирюють, при необхідності механічно обробляють, після піддають дрібноструйній обробці.

Дрібноструминеву обробку виконують при тиску стисненого повітря 0,5...0,7 МПа, після чого деталі обдувають сухим стисненим повітрям для видалення часток абразиву з поверхні.

Перед процесом нанесення порошку його необхідно просушити й прогартувати, щоб уникнути виникнення пор і низької зчеплюваності покриття з металом деталі.

Між дрібноструминевою обробкою й покриттям повинен бути проміжок часу не більш 30 хв., тому що на поверхні можуть утворюватися нові окиси, які будуть знижувати зчеплюваність.

Газовогняне напилення

При газовогняному напилені розплавлювання електродного дроту проводиться струменем ацетиленокисневого полум'я. Розпилення розплавленого металу й нанесення його на зношену деталь проводиться струменем стисненого повітря (рис. 11.2).

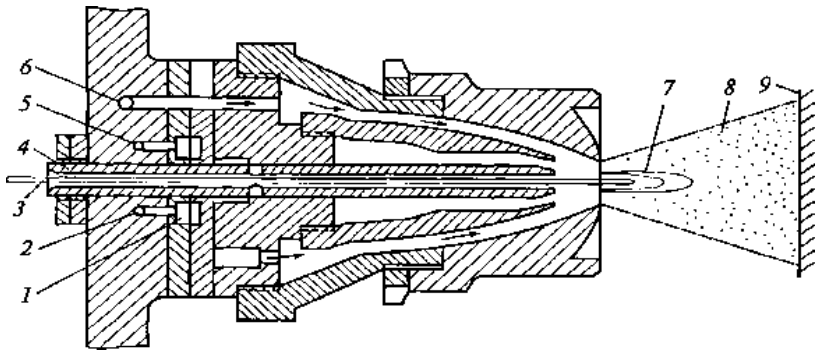


Рисунок 11.2 − Розпилювальна головка газовогняного дротового апарату для напилювання: 1 – змішувальна камера; 2 – канал підведення кисню; 3 – дріт; 4 – напрямна втулка; 5 – канал підведення ацетилену; 6 – повітряний канал; 7– ацетиленокисневе полум'я; 8– газометалічний струмінь; 9– напилювана поверхня деталі

Електродугове напилення

Процес розплавлювання металу здійснюється за допомогою горіння електричної дуги між двома електродними дротами, а розпилення здійснюється струменем стисненого повітря (рис. 11.3).

Швидкість напилюючих часток при прольоті 250 мм від сопла до деталі знижується від 190 до 85 м/с, а час знаходження часток у польоті 0,003 с. Висока швидкість і малий час польоту дозволяють їм досягати поверхні деталі, маючи пластичний стан.

Для металізації застосовують дріт діаметром 5 мм і наступні параметри режиму: струм дуги 300 А; напруга дуги 28...32 В; тиск стисненого повітря 0,4...0,6 МПа, відстань від сопла до деталі 80...100 мм; товщина шару, що наноситься до 5 мм, тривалість операції 8...10 хв., споживана потужність не більш 10,8 кВт.

Високочастотне напилення

При цьому способі замість дроту використовуються стержні з вуглецевої сталі, які поміщають у високочастотний індуктор. Стержні розплавляються струмами високої частоти, розпорошуються й напилюються струменем стисненого повітря.

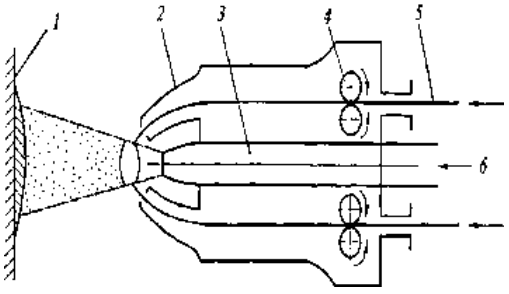


Рисунок 11.3 − Схема електродугового напилення: 1 – поверхня, що напилюється; 2 – напрямні наконечники; 3 – повітряне сопло; 4 – подаючі ролики; 5 – дріт; 6 – стиснене повітря

Недоліком цього процесу є складність, висока вартість високочастотних лампових установок, невисока продуктивність у порівнянні з іншими способами металізації.

Покриття, нанесені високочастотною металізацією, мають більш високі фізико–механічні властивості, ніж при інших способах, крім плазмової металізації, оскільки є більш сприятливі умови плавлення дротового стержня. Тому вигоряння основних хімічних елементів знижується в 4...6 раз, насиченість покриття окислами зменшується в 2...3 рази, що збільшує міцність зчеплення й зменшує витрату матеріалу.

Плазмове напилення

Основною відмінністю плазмової металізації є більш висока температура в порівнянні з іншими джерелами розплавлювання й більша потужність, що забезпечує значне підвищення продуктивності процесу й можливість наносити й розплавляти будь–які жаростійкі й зносостійкі матеріали (рис. 11.4). Схеми плазмових дугових установок зображено на рис. рис. 11.5.

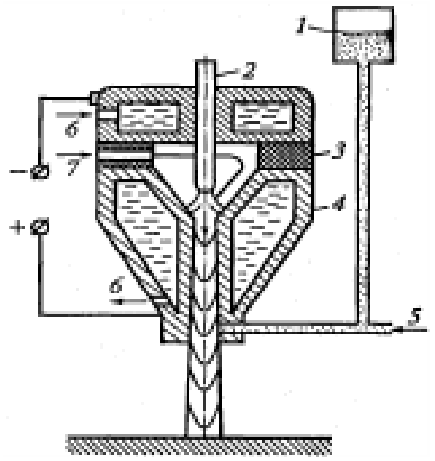


Рисунок 11.4 − Схема процесу плазмового напилювання: 1 – порошковий дозатор; 2 – катод; 3 – ізоляційна прокладка; 4 – анод; 5 – транспортуючий газ; 6 – холодна рідина; 7 – плазмоутворений газ

Температура плазмового струменя при використанні аргону 15000...39000 °С, при використанні азоту – 10000...15000 °С.

Для плазмової металізації широко застосовують установки УПУ й УМН, у комплект яких входять обертаючий пристрій, захисна камера, плазмотрон, порошковий дозатор, джерело живлення і пульт керування.

Основною частиною установки є плазмотрон, термін служби якого визначається стійкістю сопла. Період роботи плазмотрона невеликий, тому його швидкозношувані частини виготовляють змінними. Джерелами струму є зварювальні генератори або випрямлячі. У якості плазмоутворюючого газу використовують аргон і азот. Азот дешевший та менш дефіцитний, але запалити дугу на азоті складніше й потрібно значно більша напруга, що небезпечно для робітників.

Тому запалюють дугу на аргоні, для якого напруга горіння дуги менше, а потім переходять на азот.

Плазмоутворений газ іонізується й виходить із сопла плазмотрона у вигляді струменя невеликого січення. Обтисненню сприяють стінки каналу сопла й електромагнітне поле, що виникає навколо струменя. Температура плазмового струменя залежить від сили струму, виду газу, витрати газу й змінюється від 10000 до 30000 °С; швидкість витікання газів 100...1500 м/с. Аргонна плазма має температуру 15000...30000 °С, азотна – 10000...15000 °С.

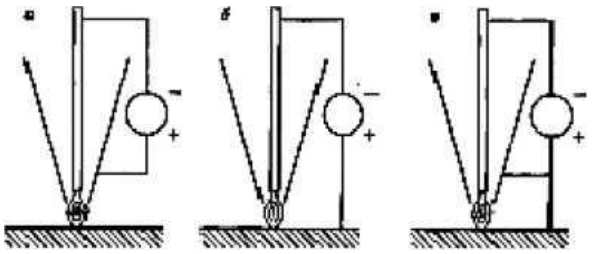


Рисунок 11.5 − Схеми плазмових дугових установок: а) відкрита; б) закрита; в) комбінована

При плазмовій металізації в якості матеріалу, що наносять застосовують гранульований порошок 50...200 мкм.

Порошок у зону дуги подається транспортуючим газом (азотом), розплавляється й переноситься на деталь. Швидкість польоту 150...200 м/с, відстань від сопла до поверхні деталі 50...80 мм.

Завдяки більш високій температурі наношуваного матеріалу й більшої швидкості польоту, міцність з'єднання покриття з деталлю вище, чим при інших способах металізації.

Спосіб плазмової металізації, завдяки дуже високій температурі плазмового струменя, дозволяє наносити будь–які матеріали, у тому числі зносостійкі. При цьому виникає проблема обробки надтвердих і зносостійких матеріалів.

Матеріали, що застосовуються при металізації

При газовогняній, електродуговій, високочастотній металізації для нанесення покриття застосовується дріт різного хімічного складу залежно від матеріалу відновлюваної деталі й вимог до нанесеного металу.

При плазмовій металізації застосовують порошки розміром часток 50...150 мкм. Для регулювання властивостей порошків у них вводять нікель, карбіди, залізні порошки. Порошки, що випускаються промисловістю на основі нікелю (ПГ–ХН80СР2, ПГ–ХН80СР3, ПГ–ХН80СР4) низьку температуру плавлення (950...1050 °С), регульовану твердість (35...60 HRC), текучість, високу зносостійкість. Однак ці сплави дуже дорогі й важко обробляються, тому вартість відновленої деталі може перевищити вартість нової деталі.

Для зменшення вартості відновлення використовуються композиційні порошки.

Обробка деталей після металізації трудомістка, в порівнянні з обробкою наплавлених поверхонь. При точінні необхідно використовувати різці із пластинками із твердих сплавів і застосовувати нижчі режими різання: швидкість різання – 15...20 м/хв., глибина різання – 0,1...0,5 мм, подача – 0,1...0,2 мм/об. При шліфуванні металізаційних покриттів рекомендується

застосовувати алмазні круги, а при їхній відсутності можна застосовувати карборундові круги з керамічною зв’язкою.

Оплавлення металізаційних покриттів, що працюють в контактних і ударних навантаженнях

Металізаційні покриття в порівнянні з наплавленим металом мають невисоку міцність зчеплення з основним металом і пористу структуру. При ударних навантаженнях металізаційні покриття розтріскуються й відшаровуються.

Для покращення властивостей покриттів проводять оплавлення покриття, при якому з'являється рідка фаза, що сприяє інтенсивному протіканню дифузії між покриттям і основним металом. У результаті підвищується міцність зчеплення, зникає пористість, підвищується ударна в'язкість і зносостійкість. Для оплавлення можна застосовувати будь–які джерела тепла, у тому числі ацетиленокисневе полум'я, плазмову дугу, струми високої частоти. Температура оплавлення повинна бути не більше 1100 °С.

При оплавленні повинні використовуватися матеріали, що добре змочують поверхню деталі, мають властивість самофлюсування. Таким вимогам відповідають порошкові сплави на основі нікелю – ПС–1 і ПС–3. Оплавлені покриття з порошків ПС–1 мають твердість HRC 54...58 і зносостійкість не нижче загартованої сталі 45. Оплавлені покриття можна застосовувати для деталей, що працюють при знакозмінних і контактних навантаженнях, наприклад кулачки розподільних валів, хрестовини карданів, фаски клапанів, шатунні шийки колінчатих валів.

Газовогняне нанесення порошкових матеріалів

При відновленні деталей використовуються різні методи газовогняного нанесення покриттів:

– газовогняне напилення порошку без наступного оплавлення, застосовується для отримання покриттів, які не зазнають ударів, знакозмінних навантажень, сильного нагрівання (товщина покриття до 2 мм на сторону);

– газовогняне напилення з одночасним оплавленням, використовується для відновлення деталей зі зношуванням до 3...5 мм, що працюють при знакозмінних і ударних навантаженнях, виготовлених із сірого чавуну, конструкційних і корозійностійких сталей;

– газовогняне напилення з наступним оплавленням для відновлення деталей зі зношуванням до 2,5 мм на сторону.

Технологічний процес складається з наступних етапів: нагрівання деталі до температури 200...250 С; нанесення підшару; нанесення шарів, що дозволяють отримати покриття з необхідними фізико-механічними властивостями.

Процес нанесення покриттів проводиться з використанням спеціальних установок УПТР–1–78М, обладнаних зварювальними пальниками (рис. 11.6), які служать для змішування горючого газу (ацетилену або пропану) з киснем і отримання газового полум'я.

Потужність, складу і форми зварювального полум'я залежить від мундштуків наконечників пальників.

В інжекторному розпилюючому апараті порошок через клапан, розміщений у корпусі апарата, переміщається по каналу, попадає в сопло, а потім – у ядро полум'я (рис. 11.7).

Особливістю розпилювальних апаратів непрямої зовнішньої подачі порошку є багатоканальне сопло, через яке проходить газова суміш, що утворюється в змішувальній камері. Порошок з бункера попадає в ядро полум'я через верхню частину факела за принципом гравітації за напрямною трубки.

Покриття наносяться на сталеві, чавунні, алюмінієві, бронзові й інші матеріали.

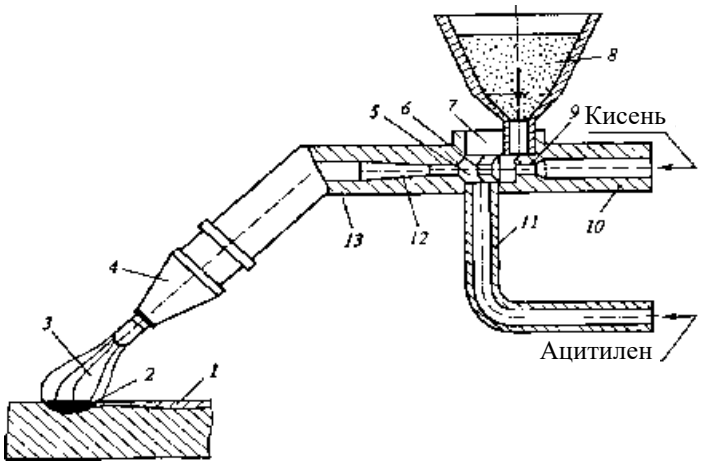


Рисунок 11.6 − Установка, обладнана зварювальним пальником: 1 – наплавлена поверхня; 2 – зварювальна ванна; 3 – полум'я; 4 – мундштук; 5 – камера змішування; 6, 9 – інжектори; 7 – змішувальна камера; 8 – порошок; 10 – киснева трубка; 11 – ацетиленова трубка; 12 – канал; 13 – трубка

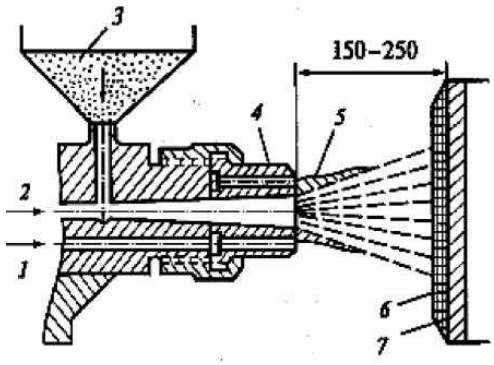


Рисунок 11.7 − Схема напилення порошкового матеріалу: 1 – суміш кисню з горючим газом; 2 – транспортуючий газ; 3 – напилюваний порошок; 4 – сопло; 5 – факел; 6 – покриття; 7 – підкладка

11.4. Відновлення деталей паянням

Загальні відомості та технологічні процеси паяння й лудіння

Паянням називають процес отримання нероз'ємного з'єднання металів, що перебувають у твердому стані, за допомогою розплавленого допоміжного (проміжного) металу або сплаву, що має температуру плавлення нижчу, ніж метали, що з'єднуються.

При ремонті автомобілів паяння застосовують для усунення тріщин і пробоїн у радіаторах, паливних і масляних баках і трубопроводах, приладах електроустаткування, кабін тощо.

Паяння, як спосіб відновлення деталей, має наступні переваги: простота технологічного процесу; висока продуктивність процесу; збереження точної форми, розмірів і хімічного складу деталей (а при паянні легкоплавкими припоями – збереження структури й механічних властивостей металу); простота й легкість наступної обробки, невелике нагрівання деталей (особливо при низькотемпературному паянні); можливість з'єднання деталей, виготовлених з різних металів; досить висока міцність з'єднання деталей; низька собівартість відновлення деталі.

Основний недолік пайки – зниження міцності з'єднання деталей у порівнянні зі зварюванням.

Припій у процесі паяння утворює з поверхнею деталі, що спаюється, зону проміжного сплаву, причому якість паяння в такому випадку при наявності чистих металевих поверхонь буде залежати від швидкості розчинення даного металу в припої: чим швидкість розчинення більша, тим якість паяння краща. Тобто, якість паяння залежить від швидкості дифузії. Збільшенню ступеня дифузії сприяють:

– наявність чистих металевих поверхонь, що спаюються. При окисненій поверхні ступінь дифузії припою значно зменшується або повністю відсутня;

– запобігання окиснення розплавленого припою в процесі паяння, для чого застосовуються відповідні паяльні флюси;

– повільне паяння при температурі, близької до температури плавлення деталі;

– охолодження після паяння.

Залежно від призначення деталей, що спаюються, шви паяння підрозділяються на: міцні шви (повинні витримувати механічні навантаження); щільні шви (не повинні пропускати рідин або газів); міцні й щільні шви.

У конструкціях, що паяються, застосовують сталі всіх типів, чавуни, нікелеві сплави (жароміцні, жаростійкі, кислотостійкі), мідь і її сплави, а також легкі сплави на основі титану, алюмінію, магнію й берилію. Обмежене застосування мають сплави на основі тугоплавких металів: хрому, ніобію, молібдену, танталу й вольфраму.

Схожим процесом паяння є лудження, при якому поверхні металевої деталі покривають тонким шаром розплавленого припою. Лудження можна застосовувати як попередній процес із метою створення більш надійного контакту між основним металом і припоєм або як покриття для захисту металів від корозії.

Технологічний процес паяння складається з наступних операцій: механічної (шабером, напилком, шліфувальною шкуркою) або хімічного очищення. Проміжок між двома поверхнями повинен бути скрізь однаковий і не перевищувати 0,1...0,3 мм. Такий невеликий проміжок необхідний для утвору капілярних сил, які сприяють засмоктуванню припою на значну глибину від кромки. Якщо поверхні, що спаюються, мають сліди жиру або масла, то їх обробляють гарячим розчином лугу. Зазвичай беруть 10 %– ний розчин соди. Якщо механічно очистити деталі з якої–небудь причини неможливо, то застосовують травлення деталей у кислотах. Зазвичай беруть 10 % – ний розчин

сірчаної кислоти для міді і її сплавів, а для деталей із чорних металів – 10 % – ний розчин соляної кислоти, причому розчин повинен бути підігрітий до 50–70 °С:

– покриття флюсом;

– нагрівання (паяльником, паяльною лампою тощо);

– попереднього облуджування припоєм (паяльником, або натиранням, або зануренням у припій).

Попереднє лудження має досить важливе значення, тому що в цьому випадку досягаються підвищені міцність і щільність спаю. У випадку неможливості попереднього лудження паяння ведуть по чистій поверхні, але результати будуть більш низькими. Для попереднього лудження застосовується той же припій, який застосовується й для наступного паяння:

– скріплення місць для паяння, покриття їх флюсом і нагрівання. Деталі скріплюють, щоб місця з'єднань не розходилися при невеликих механічних впливах, наприклад при накладенні паяльника;

– введення припою, його розплавлювання й видалення надлишків припою, а також залишків флюсу.

Метод паяння значною мірою залежить від типу застосовуваного припою. Найбільш характерні випадки паяння: паяльником із застосуванням м'яких припоїв; ручною паяльною лампою із застосуванням зазвичай твердих припоїв; електричне паяння (місце спаю служить опором, через опір пропускається струм низької напруги).

При паянні паяльником зазвичай застосовують припої, температура плавлення яких не вище точки плавлення свинцю (327 °С). Таке паяння роблять тоді, коли деталі не зазнають більших навантажень або вимагають подальшого розпаювання. Якщо деталі зазнають у процесі роботи нагрівання до високих температур, паяння паяльником із застосуванням м'яких припоїв виключається.

Підготовку паяльника для роботи роблять одночасно з підготовкою деталей. Паяльник злегка проковують (частково для видалення нагару й окисів), затискають у лещата й обпилюють так, щоб робоча частина його була напівкруглою. Якщо обпилювати паяльник без попереднього проковування, то він швидко зношується. Кінець паяльника роблять напівкруглим тому, що в цьому випадку він не так швидко охолоджується, як гострий, краще прогріває місця спайки й рівномірно роз'їдається рідким припоєм.

Після механічної підготовки паяльник лудять, для чого нагрівають його не вище 400°С; кінець паяльника опускають у водяний розчин хлористого цинку, після чого гарячим паяльником труть об шматок припою доти, доки вся робоча частина не покриється шаром.

При роботі паяльник повинен мати температуру, що задовольняє наступні вимоги: якщо паяльник прикласти робочим місцем до прутка припою, частина припою, що прилягає до паяльника, повинна розплавитися через 0,5...1с. Під час роботи температура паяльника повинна бути така, щоб краплі припою, що пристали до паяльника, були в рідкому стані.

Більш зручний спосіб лудження паяльника полягає в наступному: у шматку нашатирю (хлористого амонію) роблять невеликі поглиблення й туди

кладуть шматочки припою. Проводячи гарячим паяльником вперед та назад по твердому нашатирю, одночасно торкаються й припою. У такий спосіб лудження паяльника відбувається швидше.

Якщо нагрітим паяльником торкнутися шва й одночасно до шва підкласти шматок припою у вигляді прутка, стрічки або дротини, то припій розплавиться й проникне в шов. Надлишок припою розгладжують по шву паяльником. Припій також наносять на шов паяльником, тому що до паяльника завжди прилипають краплі припою, і якщо кінцем паяльника проводити по шву, рідкий припій всмоктується в шов. Щоб нові краплі припою перейшли на паяльник, його знову віднімають від шва й прикладають до шматка припою.

Технологічний процес лудження складається з наступних операцій:

– очищення поверхні від сторонніх речовин металевою щіткою, піском, вапном або шліфувальною шкуркою;

– знежирення бензином або гарячим водяним розчином соди або їдкого натрію;

– промивання у воді;

– хімічного чищення від окислів травлення в кислотах;

– покриття флюсами (хлористим цинком) або зануренням у водяний розчин флюсу;

– підігрівання до температури плавлення й лудження.

Лудять невеликі предмети паяльником. Лудження більших предметів роблять методом натирання. Для цього виріб змочують розчином хлористого цинку й нагрівають до температури плавлення олова, після чого посипають порошкоподібною сумішшю олова із хлористим амонієм (нашатирем). Олово при цьому плавиться і утворює на поверхні рівний шар. Після лудження залишки флюсу змивають гарячою водою.

Пайка чавуну

Щоб запаяти тріщину або інший дефект у чавунній деталі м'яким припоєм, роблять ретельне механічне очищення місця паяння й добре змочують його соляною кислотою. Пізніше обробляють водяним розчином хлористого цинку, посипають порошком нашатирю (хлористого амонію) і підігрівають паяльником або паяльною лампою. Нагрівати місце пайки треба доти, поки не стане плавитися піднесений до нього припій. Тоді натирають припоєм місце спайки й зараз же протирають його порошком нашатирю, нанесеного на густу металеву щітку. Ця операція – попереднє лудження перед паянням. Поки деталь ще гаряча, запаюють тріщини або інші дефекти паяльником, переміщаючи його від одного кінця тріщини до іншого. Якщо припій не проходить у тріщину, необхідно з обох країв її зняти невелику фаску, вилудити це місце й знову зробити паяння. Надлишок припою знімається шабером або напилком.

Пайка алюмінію

Для паяння алюмінію на паяльник надягають рифлений наконечник (робоча частина його пропиляна тригранним напилком). Насадку виготовляють зі сталі й гартують, для того щоб зубці не спрацьовувалися.

Місця спаю ретельно очищають до блиску, на зубчики насадки беруть розплавлену каніфоль і наносять на місце, що спаюється. Коли в процесі лудження каніфоль почне покривати алюміній, паяльник короткими рухами пересувають назад і вперед, і зубці будуть скоблити метал. Таким методом очищають усю поверхню місця спаю, після чого лудять очищені місця. Потім приступають до паяння. Для цього беруть на паяльник краплю олова, попередньо посипану каніфоллю, і підносять до лудженого місця. Якщо воно шорстке, то паяльником знімають цю шорсткість, яка являє собою пористе олово, змішане із часточками окису алюмінію, що утворюється через недолік флюсу. Попередньо на місце спаю насипають каніфоль, беруть на паяльник краплю олова й наносять на шов, що спаюється. Як тільки олово змочить місце спаю, паяльник знімають із металу. Потім паяння роблять вдруге, для цього місце спаю знову посипають каніфоллю.

При паянні алюмінію, особливо в процесі його лудження, паяльник слід добре розігріти й тривалий час тримати на одному місці, і після прогріву металу повільно водити по шву, що спаюється.

Для паяння алюмінієвих сплавів флюсом служить мінеральне масло (особливо рекомендується збройне). Для паяння алюмінієвих сплавів випускається й спеціальний припій П–250А, він складається з 80 % олова й 20% цинку. Флюсом служить суміш йодиду літію (2...3 г) і олеїнової кислоти (20 г).

Припої й флюси

Метал або сплав, за допомогою якого ведеться пайка, називається припоєм. За температурою плавлення припоїв процеси пайки розділяються на два основні види: пайка легкоплавкими (м'якими) припоями й пайка тугоплавкими (твердими) припоями.

До легкоплавких відносяться припої, температура плавлення яких нижче 450 °С. (рис. 11.8). До припоїв ставляться наступні основні технологічні вимоги: висока рідкотекучість і хороша змочуваність поверхонь, що з'єднуються; стійкість до корозії; достатня міцність і пластичність; температура плавлення нижче, ніж у металів, що з'єднуються.

Легкоплавкі припої являють собою сплави кольорових металів. Найбільше застосування отримали олов'яно-свинцеві припої ПОС–18, П0С–30, П0С–40, П0С–50 і ПОС–61. Цифри показують процентний вміст олова в припої. Ці припої мають хорошу змочуваність поверхні більшості металів і високу пластичність. Їхня низька температура плавлення (менш 450 °С) дозволяє проводити паяння простими засобами (паяльниками). Зі збільшенням вмісту олова в припої підвищується механічна міцність і корозійна стійкість з'єднання, але також збільшується вартість припою. Свинець підвищує пластичність припою. Ці припої застосовують для відновлення деталей, що працюють при високих температурах і невеликих навантаженнях, тобто для радіаторів, колекторів генераторів, паливних баків, електропроводів тощо.

Легкоплавкі припої, олов'яно–цинкові типу П–200, П–250А, використовують для паяння алюмінію, його сплавів і міді. Тугоплавкі припої являють собою чисті кольорові метали і їх сплави.

Для паяння чорних металів застосовують мідні припої марок М1 і М2. Вони рідкотекучі, добре змочують поверхні й дають міцні й пластичні з'єднання. Недолік – висока температура плавлення (1083 °С).

Мідно–цинкові припої марок ПМЦ–36, ПМЦ–48, ПМЦ–54, Л–62 і Л–68 (цифри вказують процентний вміст міді в припої) застосовують для паяння міді, бронзи, латуні й чорних металів. Зі збільшенням вмісту цинку в цих припоях зменшується міцність і виникає крихкість, але цинк знижує температуру плавлення припою. Тому паяння латуні проводять припоєм ПМЦ–36, а сталь і чавун краще паяти припоєм Л–62.

Кращі тугоплавкі припої – срібно–мідно–цинкові марок Пср10, Пср12М, Пср25, Пср45, Пср65 і Пср70 (цифри вказують процентний вміст срібла в припої) – дозволяють одержувати високоміцні й пластичні з'єднання, але дуже дорогі. Ці сплави застосовують для паяння відповідальних деталей зі сталі, міді і її сплавів. У випадку застосування легкоплавких припоїв беруть рідкі флюси, що представляють собою водяні розчини хлористого аміаку (нашатир) і хлористого цинку (цинк, протравлений соляний кислотою). Концентрація розчину в межах 25...50 %. Для паяння міді (проводів) у якості флюсу часто використовують чисту каніфоль або з'єднання на її основі.

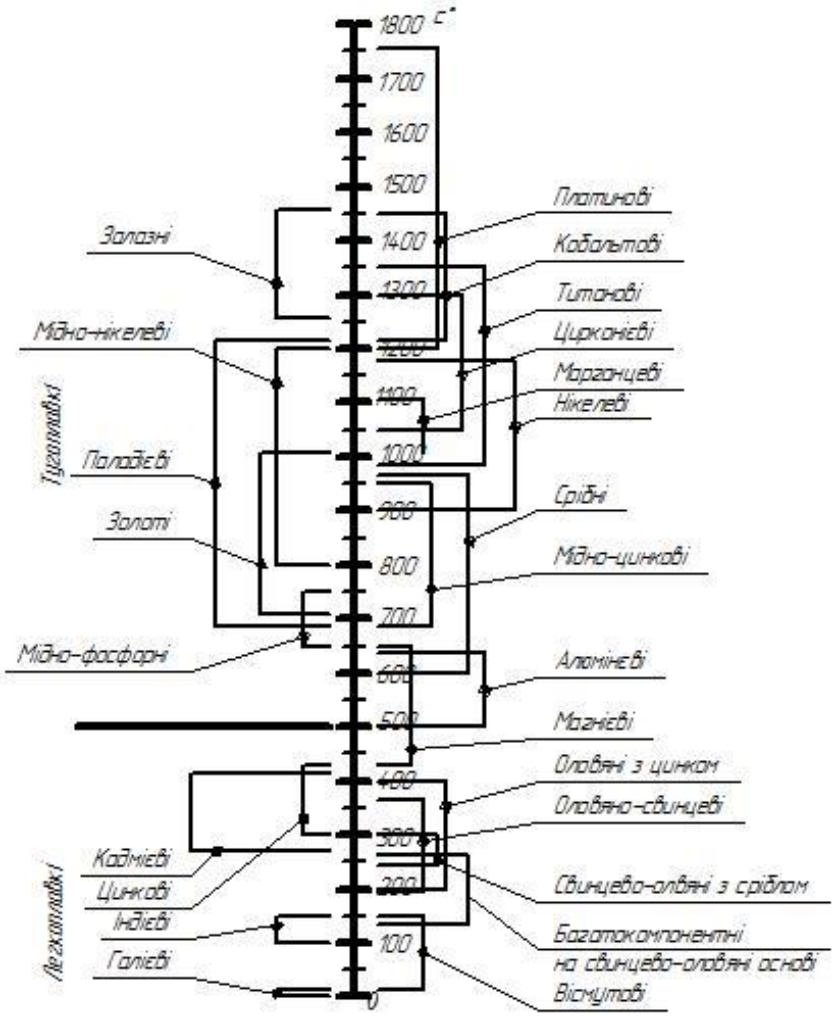


Рисунок 11.8 − Класифікація припоїв за температурою плавлення

Паяння тугоплавкими припоями ведуть із твердими флюсами, що представляють собою порошки бури і її суміші з борною кислотою й борним ангідридом. Найбільше застосування має чиста бура, прожарена перед використанням при температурі 400...460 °С. Для пайки алюмінію і його сплавів зручні флюси Ф320А, Ф380А й інші, що містять хлористий літій, фтористий натрій і хлористий цинк, що активно руйнують окисну плівку алюмінію.

11.5. Відновлення деталей машин хромуванням

Покриття твердим зносостійким хромом

Властивості хрому. Хромування застосовують для відновлення зношених деталей і для декоративного покриття. Хромуванням відновлюють стержні клапанів і штовхачів, підшипникові шийки розподільних валів і валів коробок передач тощо. З декоративною метою хромують облицювання радіаторів, дверні ручки, передній буфер легкових машин і деякі деталі арматури.

Основними властивостями хрому є: висока твердість, високий опір зношуванню, корозійна стійкість.

Твердість хрому досить висока й досягає НВ 700 – 800. Температура плавлення хрому 1600°С. Хром добре витримує дію високих температур і при нагріванні до 500°С не змінює кольору. При відновленні зношених деталей хром зазвичай наносять безпосередньо на метал деталі. Для захисту деталей від корозії (наприклад, при декоративному хромуванні) нарощування хрому виконують по підшару з міді й нікелю. Гарна протидія впливу кислот і сірчистих сполук разом з жаростійкістю й високою зносостійкістю є досить важливою властивістю для деталей, що працюють у газовому середовищі. Ці властивості хрому дозволяють здійснювати хромування таких відповідальних деталей, як гільзи циліндрів і поршневі кільця.

Іншою перевагою хромування є можливість наносити покриття як на сирі, так і на термічно оброблені деталі без порушення структури основного металу.

Поряд з перевагами, хромування має й ряд негативних сторін. До недоліків хромування слід віднести:

1) Тривалість процесу й складність підготовчих операцій;

2) Можливість відновлення деталей з відносно невеликим зношенням, тому що більші по товщині напилення хрому (понад 0,3 – 0,4 мм) є менш зносостійкими й дорогими;

3) Низький коефіцієнт корисної дії хромових ванн і відносно висока вартість хромування.

Процес електролітичного покриття хромом

Процес хромування заснований на законах електролізу, тобто проходження постійного струму через електроліти.

Проходження струму через електроліт пов'язане з переміщенням електрично заряджених частинок (іонів). Струм надходить в електроліт від джерела через провідники які називають електродами.

Електрод, приєднаний до додатнього полюса джерела струму, називається анодом, а електрод приєднаний до від'ємного полюса – катодом. При проходженні струму через електроліт відбувається рух іонів у певному напрямку: від'ємно заряджені іони (аніони), рухаються до анода, а додатньо заряджені іони (катіони) – до катода. На електродах відбувається зіткнення додатніх й від'ємних зарядів, що супроводжується розрядом. При цьому іони втрачають свій електричний заряд й виділяються (осідають) на електродах у вигляді нейтральних атомів. У процесі електролізу на катоді відбувається розряд іонів металу, а метал анода розчиняється, і його атоми утворюють нові іони металу, що переходять у розчин замість тих що виділилися на катоді.

Електролітами служать розчини солей, що містять іони металу, який підлягає осадженню на деталі.

Катодами є деталі, що підлягають покриттю, а анодами – пластинки з металів, що підлягають осадженню. При хромуванні застосовують нерозчинні аноди, якими служать свинцеві пластини.

Електроліз описується законам Фарадея.

1. Кількість речовини, що виділилася при електролізі, прямо пропорційна кількості електрики, що протікає через даний електроліт, тобто силі струму, помноженої на час. Наприклад, кількість речовини, що виділилася при проходженні струму в 15 А протягом 4 год., буде такою ж, що при проходженні струму силою в 30 А протягом 2 год.

2. Кількість речовини, що виділилася, при проходженні струму через електроліт прямо пропорційна його еквівалентній вазі. Електрохімічним еквівалентом називається кількість металу в грамах, який осаджується протягом 1 год при силі струму в 1 А.

Закони Фарадея виражають формулою:

$$M = c \cdot I \cdot t, \tag{11.2}$$

де c – електрохімічний еквівалент, г/а×год; I – сила струму, А; t – тривалість електролізу, год.

Відношення практично виділеної кількості металу до теоретично можливої, виражене у відсотках, називають виходом металу за струмом.

Вихід металу за струмом при хромуванні становить 12 – 18 %, у той час як при інших електролітичних процесах 60 – 90 %.

Технологічний процес нанесення покриття твердим хромом

Технологічний процес хромування. Процес твердого хромування зношених поверхонь деталей машин по суті залишається однаковим для окремих деталей як за структурою так і за послідовністю технологічних операцій. Деяка відмінність може бути стосовно складу ванн і режиму їх роботи. Порядок і структура технологічних операцій хромуванню деталей наступний.

1. Механічне оброблення деталі – шліфування й полірування дрібно–зернистим шліфувальним кругом з метою надання поверхні гладкої й правильної геометричної форми. Промивання органічними розчинниками (наприклад, бензином).

2. Ізоляція місць, які не потрібно хромувати, целулоїдною стрічкою (целулоїд, розчинений в ацетоні). Наявні отвори закривають свинцевими пробками для того, щоб уникнути викривлення силових ліній та непокритих ділянок навколо отворів.

3. Монтаж деталей на підвіску, що полегшує занурення деталей у ванну й забезпечує витримування однакової відстані між анодами й деталями, необхідної для рівномірнішого відкладання хрому.

4. Електролітичне знежирення в електроліті наступного складу: їдкий натрій NaOH 100 г, рідке скло Na_2SiO_3 2 – 3 г/л; й режиму густина струму Dk = 5 А/дм2, температура ванни 80℃.

Деталь служить катодом, а анодом залізна пластинка.

Водень, що інтенсивно виділяється на деталі при проходженні струму, полегшує відривання частинок масла з поверхні деталі.

5. Промивання деталі в гарячій воді.

6. Декапірування для видалення найтоншої плівки оксидів, які виникають від дії кисню повітря, з метою виявлення структури металу.

Декапірування виконують травленням в 5–ти процентному розчині H2SO4 або у ванні складу: CrO_3 100 г/л, H_2SO_4 2–3 г/л, Dk = 5 А/дм^2, температура – кімнатна, привалість процесу t = 1 хв.

7. Промивання в холодній протічній воді.

Для відповідальних деталей складної конфігурації після декапірування виконують протирання віденським вапном з наступним промиванням у холодній, протічній воді.

Віденське вапно – це суміш із оксиду кальцію й магнію без домішки оксиду кремнію. Для знежирення вапно розводять водою до кашкоподібного стану й додають до 1,5 % їдкого натрію або до 3 % соди.

8. Електролітичне осадження твердого хрому необхідної товщини з урахуванням припуску на шліфування. Хромування ведуть у ванні описаних раніше складів при відповідному режимі роботи.

9. Промивання деталей у дистильованій воді для видалення електроліту.

10. Промивання деталей у проточній воді.

11. Демонтаж деталі з підвіски, зняття ізоляції.

12. Просушування деталей в сушильній камері.

13. Контроль якості осаду: перевіряють наявність непокритих місць, відшарувань, раковин, наростів та ін.

14. Шліфування деталі під остаточний розмір і шороховатість поверхні.

При незадовільній якості покриття вилучити хром з поверхні деталі можна електролітичним шляхом, помістивши деталь на аноді у ванну з електролітом з 10–15–ти процентним розчином їдкого натрію. Катодом є залізна пластинка. Температура розчину 40 – 50℃, густина струму 5 – 10 А/дм2, тривалість витримування 15 – 30 хв.

Пористе хромування

Основні властивості й переваги пористого хрому. В авторемонтному виробництві пористе хромування застосовують для деталей, що працюють при граничному терті, наприклад поршневих кілець і гільз циліндрів.

Основна перевага пористого хрому перед гладким полягає в тому, що він добре втримує масляну плівку. Це охороняє деталі від сухого й граничного тертя й підвищує їхню зносостійкість.

Відмінність пористого хрому від гладкого полягає у наявності в нанесеному шарі пустот і каналів, форми, розміри та кількість яких визначаються режимами хромування. Електролітично осаджений шар хрому має зазвичай більші внутрішні напруження і є певною мірою пористим. Але така пористість недостатня для утримання мастила. Тому після електролізу хромовані поверхні деталей піддають анодному обробленню. Деталь підвішують на аноді у ванні того ж складу. У процесі анодного травлення відбувається збільшення пор і невелике зменшення товщини осаду. Наявність значного числа пор (30 % поверхні) має позитивний вплив на умови змащування. Поверхня пористого хрому добре змочується маслом, яке, утримуючись у порах покриття, забезпечує безперервність масляної плівки.

Вплив окремих факторів на тип і величину пористості

Залежно від режимів хромування й анодного травлення можна отримувати різну пористість: точкового й канального типів. Для отримання певного типу пористості необхідно мати відповідну сітку тріщин на самому осадженому хромовому шарі. Останнє досягають дотриманням установленого режиму хромування. Найбільше значення мають склад і температура ванни, а також густина струму. При постійній температурі ванни відношення CrO_3/H_2SO_4 рівне 100:1, дає певний розмір площадок, а то ж відношення, рівне 125:1, збільшує їхній розмір. Концентрація CrO_3 в електроліті в межах 250 – 400 г/л не виявляє істотного впливу на розмір тріщин. Збільшення температури ванни при дотриманні сталості інших умов хромування надає площадкам більших розмірів. Нижча температура дає точковий тип пористості, а вища температура – канальний.

Густина струму при постійних значеннях температури електроліту й співвідношення CrO_3/H_2SO_4 не мають великого впливу на розміри сітки. Проте дотримання режиму густини струму досить важливо, тому що ним обумовлюється швидкість відкладання й товщина осаду, що відіграє значну роль у пористому хромі.

Ступінь анодного травлення має велике значення й залежить від його тривалості.

Тривалість анодного травлення сильно збільшує розміри й густоту каналів, зменшує товщину хромового осаду й знижує його зносостійкість. Тому час травлення повинний бути достатнім для отримання розвинутої сітки каналів і не повинна бути досить тривалим, щоб дати більшу кількість додаткових пор і не знищити площадки між ними. Зазвичай час травлення вибирають в межах 6–10 хв.

Технологічний процес нанесення пористого хромування

В основному технологічний процес отримання пористого хрому не відрізняється від процесу хромування гладким хромом. Як і при гладкому хромі, деталь, що підлягає покриттю, піддають тим же операціям попередньої підготовки (різниця лише в ретельнішому механічному обробленні). Точно й чисто оброблена поверхня є необхідною умовою отримання рівномірного й гладкого покриття. Останнє є досить важливим, оскільки припуски на остаточне механічне оброблення малі, а границі допусків вузькі.

Для гільз циліндрів підготовкою є доведення абразивними брусками з точністю до 0,01 – 0,02 мм. Після механічного оброблення деталь піддають операціям завішуванням на пристосування, знежирення, промивання, травлення й хромування в електроліті зазначеного раніше складу й режиму роботи. Тут мають значення форма анода й конструкція підвісок. Остання повинна забезпечувати точне центрування анода відносно деталі, наприклад гільзи циліндра або поршневого кільця.

При хромуванні поршневих кілець застосовують кільцеві аноди. Для забезпечення однакової відстані до поверхні деталі, яку хромують, анод повинен бути точно оброблений. Товщина хромового шару 0,10 – 0,15 мм із урахуванням припуску на остаточне механічне оброблення. Припуск на оброблення гільз беруть в межах 0,015 – 0,025 мм.

Хромовану поверхню деталі піддають анодному травленню у ванні того ж складу, а потім операції миття. Для видалення з хромового осаду водню деталі нагрівають в маслі або сушильній камері протягом 0,5 – 2 год при температурі 150–200℃. Звільнення хромового осаду від водню необхідно тому, що останній знижує міцність зчеплення хрому з основним металом і збільшує крихкість.

Для отримання необхідної якості й геометричних розмірів деталі хромовані поверхні піддають остаточному механічному обробленню. Механічним обробленням циліндричних гільз є доведення брусками марок СМ1 і СМ2, зернистістю М40.

Доведення абразивними брусками виконують при низьких тисках і великій кількості обертів. Для охолодження й змивання абразивних частинок застосовують гас. Абразивні частинки з пор нанесеного хромового шару видаляють шляхом ретельного промивання гільз у лужному розчині й обдуванням стисненим повітрям.

Для поршневих кілець притирання виконують у спеціальному циліндрі зі застосуванням притирочної пасти з абразивного порошку (алундове зерно 180) з гасом у вигляді кашки, якою покривають стінки циліндра. Видалення частинок абразиву з пор покриття проводять в гасі й гарячій содовій воді з наступним обдуванням стисненим повітрям.

Експлуатаційні властивості покриттів твердим хромом

Працездатність деталей, відновлених хромуванням, визначають міцністю зчеплення з основним металом, зносостійкістю й впливом покриття на втомну міцність деталей, що працюють при динамічному навантаженні.

Умови утворення електролітичних покриттів і природа зв'язку їх з основним металом сприятливіші стосовно міцності зчеплення, ніж при металізації.

Міцність зчеплення хрому з основним металом більша міцності шару на розрив і становить не менше 50 кг/мм^2 (500 МН/м^2). Відомо, що хром володіє високою зносостійкістю, особливо при терті по чавуну. При сухому й граничному терті зносостійкість хрому в 1,5 – 2,5 рази вища зносостійкості сталі 45, загартованої струмами високої частоти до твердості HRC 56 – 62. Ці значення, отримані в результаті лабораторного дослідження, підтверджуються й експлуатаційними випробуваннями великої групи різноманітних автомобільних деталей, відновлених хромуванням. Лише для деталей, що працюють у парі з бронзою, при великих питомих тисках і недостатньому змащуванні (поршневі пальці) зносостійкість хрому нижче зносостійкості сталі 45, загартованої струмами високої частоти.

Велику зносостійкість хрому пояснюють його високою твердістю (мікротвердістю), гарною термостійкістю й теплопровідністю. Твердість хрому за Віккерсом (при навантаженні 5 кГ) рівна 857 од. і мікротвердість H_{μ}^{100} = 1208 кГ/мм^2 (12,08 ГН/м^2). Коефіцієнт теплопровідності хрому 0,65 (272,2), у той час як заліза 0,10 – 0,16 (41,8 – 67,0) і швидкорізальної сталі 0,035 – 0,055 кал/см×град (4,55 – 22,9 Вт/м×град). Завдяки цьому теплота, що утворюється на поверхні тертя, передається в глиб металу деталі, у результаті чого виключається зношування від пластичної деформації, і воно носить абразивний характер. Однак необхідно відзначити, що висока зносостійкість хрому має місце у випадку нанесення його на деталі з досить високою поверхневою твердістю. При недостатній твердості основи, наприклад при покриттях, нанесених на нормалізовану сталь 45, хром виявляє схильність до схоплювання при роботі в парі із чавуном.

Зниження втомної міцності деталей, відновлюваних хромуванням, може відбуватися під впливом поганої підготовки поверхні деталей до нанесення покриттів, розтягуючих внутрішніх напружень у покритті й механічного оброблення деталей після хромування й залізнення.

Відомо, що способом підготовки деталей до відновлення їх хромуванням є шліфування. Висока чистота поверхні деталей перед нанесенням покриттів необхідна для забезпечення міцності зчеплення осаду з основним металом і досягнення високої втомної міцності. Однак і при високоякісній підготовці поверхні до покриття втомна міцність під впливом хромування знижується. Так, при хромуванні сталі 45 на товщину 0,15 мм у розведеній ванні при Dk – 60 А/дм^2 і t – 65℃ зниження втомної міцності порівняно з нормалізованою сталлю 45 становить 25 %.

Здавалося б, що причиною зниження втомної міцності в розглянутих випадках повинна бути мікроскопічна сітка тріщин в покриттях. Однак зниження втомної міцності сталі під впливом пористого хромування не відбувається завдяки тому, що більша частина залишкових розтягуючих напружень, сконцентрована в тонкому поверхневому шарі осаду, або

знижується в процесі анодного розчинення чи за рахунок загального розвитку сітки тріщин.

Основною причиною зниження втомної міцності сталі під впливом електролітичних покриттів є дія внутрішніх розтягуючих напружень, що утворилися в осаді. За даними залишкові напруження в шарі хрому товщиною 0,03 мм досягають приблизно 40 кГ/мм^2 (400 МН/м^2). Величина внутрішніх напружень в електролітичних осадах при заданому складі ванн залежить від режиму електролізу: густини струму і температури (при переважаючому впливі останньої).

Залишкові напруження по товщині осаду розподіляються нерівномірно й зосереджуються в тонкому поверхневому шарі, величина якого досягає 0,04 мм при товщині осаду 0,15 мм. В поверхневому шарі величина залишкових напружень є вищою порівняно з середньою її величиною. Причиною виникнення залишкових напружень в електролітичних осадах є зменшення об'єму осаду, який відбувається в процесі кристалізації, і в зв'язку з цим спотворення атомної кристалічної гратки. У хромових осадах при первинній кристалізації відбувається утворення гексагонального хрому, який представляє собою метастабільну фазу упровадження водню в хромі. При розпаді гексагонального хрому й утворення кубічного хрому відбувається зменшення об'єму осаду. Негативний вплив залишкових напружень на втомну міцність видно з того, що при нагріванні електролітичних осадів хрому до 200°С значна частина водню видаляється з осаду. Якби зниження залишкової міцності відбувалося через включення в осад водню, то можна було б очікувати, що границя витривалості хромованих взірців, які піддали відпуску при 200°С, повинна бути вищою границі виносливості тих же взірців без відпуску.

Однак багатьма дослідниками доказано, що відпуск при 200°С дає ще більше зниження втомної міцності (36 % замість 23 %), що можна пояснити збільшенням величини розтягуючих напружень. Підвищення залишкових напружень у хромовому осаді при температурі 200°С пов'язано з перетворенням м'якшого гексагонального хрому в твердіший кубічний хром, яке супроводжується виділенням великої кількості водню й зменшенням об'єму осаду. При відпуску 550 – 600°С втомна міцність відновлюється майже повністю (до 90 – 95 %), а при відпуску 650°С відновлюється повністю. Причиною відновлення втомної міцності при цьому є зняття залишкових внутрішніх напружень і зменшення спотворення атомної кристалічної гратки.

Однак для більшої частини деталей, які відновлюють хромуванням, високий відпуск для відновлення границі міцності не може бути рекомендований через порушення термічного оброблення.

У результаті дії залишкових розтягуючиих напружень у хромовому шарі утворюються тріщини, які є концентраторами напружень й знижують втомну міцність основного металу. Більше зниження втомної міцності отримують при нанесенні великих за товщиною покриттів.

Зниження границі витривалості деталей, відновлених хромуванням, можуть сприяти ще й тріщини на поверхні покриття, поява яких можлива при

порушенні режимів шліфування. Поява шліфувальних тріщин відбувається під дією напружень, які виникають у результаті високого нагрівання тонкого поверхневого шару. До виникаючих при шліфуванні температурних напружень додаються залишкові розтягуючі напруження в хромовому шарі, а також і напруження в основному металі, які утворюються при нагріванні хромованої поверхні внаслідок різниці в коефіцієнтах лінійного розширення хрому й сталі. Шліфувальні тріщини, що виникають у хромовому шарі, можуть мати прогресуючий розвиток і викликати появу тріщин в основному металі, що неминуче приведе до руйнування деталі із причин втоми. Тому необхідно дотримуватися технологічних режимів шліфування хромованих деталей.

Усе сказане про вплив розтягуючих напружень на виникнення тріщин і зниження границі витривалості хромованих деталей підтверджується й характером втомного зламу зразків. Особливістю зламу хромованих зразків є наявність шиферності. Руйнування від втоми відбувається одночасно від декількох тріщин.

На величину розтягуючих напружень, а відповідно й границю витривалості хромованих деталей впливають температура, густина струму й товщина покриттів. Тому для деталей, що працюють при знакозмінних навантаженнях, необхідно вести хромування на струмі змінної полярності або застосовувати помірніші режими електролізу, що забезпечують отримання менш напружених осадів. Відомими недоліками твердого хрому є знижене припрацювання і змочування, які можна усунути застосуванням пористого хромування.

Хромування на струмі змінної полярності

Цей спосіб має ряд переваг у порівнянні із хромуванням струмом, що не змінює своєї полярності. До цих переваг належать: покращення структури і властивостей покриття, можливість застосування вищої густини струму й покращення розсіювальної здатності. Зазначені переваги компенсують втрати частини осаду, яка стравлюється під час анодного періоду. Струм змінної полярності отримують періодичною зміною напрямку постійного струму. Осади, отримані при хромуванні в електроліті звичайного складу на струмі змінної полярності, відрізняються нижчими внутрішніми напруженнями порівняно з осадами твердого хрому й не уступають їм за зносостійкістю. У результаті втомна міцність деталей, виготовлених з вуглецевих і низьколегованих сталей, знижується менше, ніж при твердому хромуванні.

Хромування в холодному тетрахроматному електроліті

При цьому способі хромування можна отримати вихід за струмом до 28 – 30 %, що підвищує швидкість нарощування покриття в 2 – 2,5 рази. Іншими перевагами тетрахроматного електроліту є протікання процесу при кімнатній температурі, отримання осадів з малою пористістю, що відрізняються високої антикорозійністю, можливість вести процес при широкому діапазоні густини струму (20 – 100 А/дм^2) і високої розсіювальної здатності. Основним компонентом електроліту є тетрахромова кислота, що утворюється при

збільшеному вмісті в електроліті хромового ангідриду. У результаті розчинення хромового ангідриду у воді утворюється суміш поліхромових кислот: біхромової при середній концентрації CrO_3 і трихромовой і тетрахромовой при збільшеній концентрації. Крім великої концентрації CrO_3 тетрахроматний електроліт характеризується ще й уведенням у нього їдкого натрію, необхідного для утворення тетрахромату натрію. Вміст їдкого натрію в деякій оптимальній кількості сприяє отриманню якісних осадів з максимальним виходом за струмом.

Хромування в тетрахроматном електроліті можна застосовувати для відновлення деталей з відносно невисокою поверхневою твердістю (до НВ 350 – 400), наприклад шийок поворотних цапф і валів, сошок рульового механізму й ін.

Хром, отриманий з тетрахроматного електроліту, добре припрацьовується. Тому для покращення припрацьовуваності деталей, відновлених твердим хромуванням, на звичайне покриття можна наносити тонкий шар хрому в тетрахроматном електроліті. Для надання необхідної геометрії і якості поверхні нанесення тонкого шару хрому виконують після шліфування деталі з осадом твердого хрому.

Хромування в проточному електроліті

Хромування в проточному електроліті доцільно застосовувати для внутрішніх робочих поверхонь великогабаритних деталей, наприклад блоку циліндрів, а також отворів у корпусних деталях під підшипники кочення в умовах централізованого відновлення деталей. Для хромування в проточному електроліті крім ванни необхідна спеціальна установка, що включає насос і систему трубопроводів для подачі електроліту, місце для установлення деталі, спеціальні циліндричні аноди та їх кріплення. Аноди розташовують усередині хромованої поверхні, а в простір, що утворюється між цими анодами й поверхнями отворів, які хромують, подають електроліт за допомогою насоса.

Струменеве хромування

Струменеве хромування є різновидом хромування в протічному електроліті й дозволяє вести процес при високій густині струму. Струменеве хромування можна застосовувати при централізованому відновленні зовнішніх циліндричних поверхонь великогабаритних деталей. При хромуванні деталі надають обертовий рух із частотою 5 – 540 об/хв (0,08 – 9 м/с). Підведення струму до деталі здійснюють за допомогою струмоподаючих щіток. Електроліт за допомогою відцентрового насоса надходить до насадки, частина якої одночасно служить анодом. Насадку виготовляють зі свинцевої пластини, що має проріз для протікання електроліту. У дрібносерійному ремонтному виробництві застосування хромування в протічному електроліті й струменевого хромування нераціонально.

Хромування в ультразвуковому полі

Ультразвук істотно впливає на структуру й властивості хрому, зокрема викликає підвищення твердості осадів. Ультразвукові коливання в електроліті частотою 20–30 кГц збуджуються за допомогою магнитострикційнних перетворювачів і можуть направлятися паралельно або перпендикулярно до катодної поверхні. Хромування в ультразвуковому полі дозволяє застосовувати високу густину струму (до 180 А/дм^2 і вище). Для хромування в ультразвуковому полі необхідно мати складну установку, що не дає великих переваг перед іншими способами хромування, наприклад перед хромуванням на струмі змінної полярності. Застосування хромування в ультразвуковому полі доцільно для деталей, виготовлених з алюмінієвих сплавів. Труднощі осадження хрому на деталі з алюмінієвих сплавів викликані наявністю оксидної плівки на їхній поверхні, що перешкоджає міцному зчепленню осаду з основним металом. Під дією ультразвукових коливань оксида плівка руйнується, що забезпечує високу міцність зчеплення осаду з алюмінієвим сплавом.

11.6. Відновлення деталей залізненням

Покриття твердим (зносостійким) залізом

Перші роботи з дослідження властивостей електролітичного заліза були проведені російськими вченими Б.С. Якоби, Е.І. Клейном і Є.Х. Ленцем в 1866 – 1870 рр. Застосування електролітичного залізнення для відновлення деталей вивчалось також іншими дослідниками. Можна відмітити три напрями цих досліджень.

Перший напрям – отримання твердих і зносостійких осадів із залізо–хлористих електролітів (роботи М.П. Мелкова). Другий напрям, розвинений Ю.Н. Петровим, – отримання осаду введенням в електроліт вуглецевовмісних органічних добавок. І третій напрям – отримання якісних осадів різних електролітичних сплавів заліза з С, Mn, Co й іншими елементами (роботи В.П. Ревякина). Практичне використання отримали електроліти і режими електролізу, запропоновані М.П. Мелковим. В табл. 11.1 наведенні три типи електролітів, які використовують у виробництві.

Таблиця 11.1 −Електроліти і режими роботи

Склад електроліту і режими роботи	*Типи електролітів*		
	1	*2*	*3*
Хлористе залізо $FeCl_2 \times 4H_20$, г/л	680	450	200
Соляна кислота НС1, г/л	0,8 – 1,0	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8
Температура, °С	60 – 100	50 – 80	50 – 80
Густина струму, А/дм^2	5 – 140	10 – 80	10 – 80

Перший електроліт високої концентрації при температурі 95 – 105℃ і невисокої густини струму (5–20 *А/дм*^{2}) забезпечує отримання щільних, гладких і пластичних осадів невисокої мікротвердості 120 – 200 кГ/мм^2 (1200 – 2000 МН/м^2) товщиною 2 – 3 мм і більше.

Другий електроліт середньої концентрації дозволяє отримати щільні і гладкі осади, з підвищеними механічними властивостями, з мікротвердістю до 500 – 550 кГ/мм^2 (5,0 – 5,5 Гн/м^2) і товщиною до 1,5 – 2,0 мм.

Третій електроліт малої концентрації забезпечує отримання осадів товщиною 0,8 – 1,2 мм і мікротвердістю 450 – 650 кГ/мм^2 (4,5 – 6,5 ГН/м^2). Електроліт відрізняється стійкістю в роботі відносно складу.

Третій електроліт отримав найбільше застосування в авторемонтному виробництві, оскільки твердість поверхонь переважної більшості деталей., відновлюваних металопокриттями є високою, зношення якої не первищує 0,2 – 0,3 мм. Прості хлористі електроліти (без добавок) забезпечують отримання осадів з високими механічними властивостями, які можна змінювати в широких межах залежно від режимів електролізу.

Крім гарячих хлористих електролітів, електроосадження заліза можна здійснити в холодних електролітах (без їх нагрівання), при малій густині струму (0,1 – 1,0 А/дм^2). Однак при такій низькій густині струму швидкість осаду заліза, за вагою, мала. Тому холодні електроліти в ремонтному виробництві не застосовують.

До гарячих електролітів, крім хлористих, відносять сірчанокислі електроліти, для пригутування яких застосовують сірчанокисле залізо $FeSO_4 \times 7H_2O$. Сірчанокислі електроліти допускають значно меншу густину струму й швидкість осадження метала (0,05 – 0,07 мм/год) порівняно з хлористим (0,15 – 0,50 мм/год).

Для приготування хлористого електроліту застосовують двохлористе задізо FeCl2×4H20 (гідроскопічні майже безколірні кристали легко окислюються на повітрі) і соляна кислота.

У виробничих умовах приготування хлористого електроліту виконують шляхом травлення (до насичення) в соляній кислоті ошурків із низько–вуглецевої сталі 10 або 20. Використовують чисту стружку без іржі й окалини, попередньо обезжирену в 10–ти процентному розчинні каустичної соди й промиту в гарячій воді.

Як аноди використовують пластини, виготовлені із низьковулецевої сталі. Як і при хромуванні, електроди з’єднують з джерелом струму і пропускають через електроліт постійний струм. У процесі електролізу іони двохвалентного заліза будуть осідати й розряджатися на катоді, тобто на деталі, покриваючи її шаром електролітичного заліза. Одночасно з осадженням заліза на катоді (деталі) метал анода буде розчинятися й іони його будуть поступати в розчин взамін іонів, які осіли на катоді. В цьому випадку процес електролізу відбувається з розчинними анодами, і склад електроліту майже не змінюється.

У процесі електролізу спільно з іонами заліза на катоді осідають іони водню, які проникають у створювану кристалічну гратку осаду, надаючи останньому крихкість і підвищену схильність до розтріскування.

Таким чином, особливостями процесу залізнення порівняно з хромуванням є використання: а) дешевших електролітів; б) розчинних анодів; в) вищої густини струму; г) отримання вищих швидкостей осадження і більшої товщини покриття.

Вихід заліза за струмом досягає 86 – 90 % замість 13 – 15 % при хромуванні в звичайних електролітах. Процес відновлення деталі залізненням відрізняється значно меншою тривалістю й вартістю порівняно з хромуванням.

Експлуатаційні властивості електролітичних твердих залізних покриттів

Експлуатаційні властивості покриття залежать від складу електролітів, які використовують, і режиму електролізу і за рядом показників близьких до властивостей осадів твердого хрому. Так, міцність зчеплення електролітичного заліза зі сталлю складає 45 – 48 кГ/мм^2 (450 – 480 МН/м^2).

Дуже важливою умовою високої міцності зчеплення є підготовка поверхні шляхом анодного оброблення в 30–ти процентному розчині сірчаної кислоти. Зв'язок покриття електролітного заліза з основним металом, як і хромового покриття, утворюється за рахунок електростатичної взаємодії іонів заліза з іонами металу катода, і крім цього, залежить ще й від матеріалу катода і відповідності їх атомно–кристалічних граток.

Зносостійкість осадів електролітного заліза, отриманих з різноманітних складів електролітів, в основному залежить від мікротвердості. Чим вища мікротвердість осадів, тим зносостійкішими є покриття при інших рівних умовах. Зносостійкість твердих осадів, отриманих в електроліті близького за складом до електроліту № 3, при сухому терті ковзання і ступінчатому навантажені вища зносостійкості сталі 45, загартованої струмами високої частоти, і всіх видів наплавлених покриттів і металізації. Пояснити тут високу зносостійкість покриттів залізнення мікротвердістю неможна, так як вона нижча, ніж мікротвердість сталі 45 загартованої струмами високої частоти. Велику роль у зносостійкості покриттів електролітичного заліза і їх тривалої несприйнятливості до схоплення, поряд з твердістю, відіграє високе окислення їх на повітрі й швидке утворення в процесі тертя оксидних плівок заліза на поверхні тертя. Покриваючи поверхні тертя, плівки оксидів ізолюють їх одну від одної й тим самим заважають схопленню, роблячи процес зношування рівномірним. Характер зношення осадів хрому і заліза є аналогічними. Поверхня тертя має дрібні риски, утворені від абразивної дії твердих частинок, які відкололися в процесі тертя.

При граничному і рідинному терті й дії високих питомих тисків електролітичне залізо втрачає властивість легкого окислення і поступається за зносостійкістю сталі 45, загартованої струмами високої частоти й електроімпульсному наплавленню дротом П–1.

Втомна міцність деталей, відновлених залізненням, знижується. За дослідженнями, зниження втомної міцності нормалізованої сталі 45 після залізнення на товщину шару 0,75 мм досягає 29 %. Причиною зниження втомної міцності є наявність в осаді заліза розтягуючих внутрішніх напружень. Величина залишкових внутрішніх напружень в осадах твердого електролітного

заліза товщиною 0,05 мм досягає 16 – 34 кГ/мм^2 (160 – 340 МН/м^2) залежно від режимів електролізу. При меншій товщині шару покриття внутрішні напруження зростають до 68 – 69 кГ/мм^2 (680–690 МН/м^2). Величина внутрішніх напружень в значній мірі залежить від режимів електролізу; внутрішні напруження збільшуються зі збільшенням густини струму й зі зниженням температури, кислотності та концентрації електроліту. Характер впливу внутрішніх напружень в покриттях електролітного заліза на втомну міцність сталі подібний впливу хромових осадів як це попередньо висвітлено. Низькотемпературний відпуск відновлених деталей (150 – 250°C) тут недоцільний, так як при цьому відбувається ще більше зниження втомної міцності. Відпуск деталей при температурі 450°C значно зменшує зниження втомної міцності, однак не може бути рекомендований через зниження мікротвердості покриття до 30 %. Тому при відновленні деталі необхідно враховувати умови їх роботи й дотримуватися технологічного процесу залізнення, використовуючи найсприятливіші режими електролізу.

Технологічний процес відновлення деталей машин залізненням

Покритям твердим електролітичним залізом можна відновлювати багато деталей наприклад: циліндричні поверхні штовхачів, клапанів, шийки підшипників розподільчих валів, валиків масляного і водяного насосів, валів сошок рульового механізму, поворотних цапф тощо. Можливість наносити великі за товщиною осади (1,5 мм і більше) дозволяє відновлювати залізненням і деталі з ремонтних розмірів до їх початкового розміру, з забезпеченням взаємозамінності.

Технологічний процес залізнення деталі за підготовчими і заключними операціями не дуже відрізняється від процесу хромування. Як і при хромуванні спочатку виконують:

1. Очищення деталі від бруду і масла.
2. Механічне оброблення – шліфування.
3. Зачищування поверхні деталі наждачним полотном.
4. Установлення деталей на підвіску.
5. Ізоляція місць, які не підлягають залізненню.
6. Знежирення віденським вапном.
7. Миття в холодній протічній воді.
8. Ізоляція місць які, не підлягають залізненню при невеликій його тривалості, можна проводити листовим целулоїдом (кіноплівкою), цапон–лаком або пластикатом, якщо тривалість залізнення не перевищує 2–3 год. Надійнішим ізоляційним матеріалом є хлорвінілові пластикати й емалі. Час витримування цих матеріалів у ванні допускається до 6 – 12 год.
9. Анодне оброблення здійснюють в 30–ти процентному розчині сірчаної кислоти. Воно має великий вплив на міцність зчеплення покриття з основним металом і проводиться з метою: а) видалення з поверхні дуже тонкої плівки оксиду; б) протравлення поверхневого шару для виявлення кристалічної структури металу; в) пасивування поверхні, тобто нанесення тоненької

пасивуючої плівки, яка захищає поверхню, що підлягає покриттю, від безпосереднього контакту з електролітом.

Відомо, що електроліт проявляє окислювальну дію на поверхню металу деталі. Тому, щоб зберегти підготовлену й очищену поверхню в активному стані до моменту осадження покриття, тобто до моменту включення струму, виконують пасивування в 30–ти процентному розчинні сірчаної кислоти. Перед осадженням покриття пасивуючу плівку необхідно зруйнувати, так як вона може бути причиною низької міцності зчеплення покриття з основним металом. Руйнування пасивуючої плівки досягають витримуванням деталі у кислому хлористому електроліті протягом деякого часу без включення струму. Після руйнування пасивуючої плівки включають струм і осадження металу покриття відбувається на активну поверхню деталі.

Анодне оброблення рекомендують проводити в електроліті складу: 30–ти процентний розчин H2SO4; H2SO4×7H2O 10–25 г/л, густина електроліту 1,23. Деталь підвішують на анод і оброблюють в електроліті при густині струму 10–70 А/дм^2 (залежно від матеріалу деталі) і кімнатній температурі (табл. 11.2). Катодом при цьому служать пластини зі свинцю або нержавіючої сталі. Режим травлення залежить також від складу електроліту. Можна проводити травлення в 30–ти процентному розчині сірчаної кислоти і без добавлення $FeSO_4 \times 7H_2O$ тільки при точному дотриманні заданого режиму, в протилежному випадку не забезпечується необхідна міцність щеплення покриття з основним металом.

Таблиця 11.2 − Режими анодного оброблення

Матеріал і термічне оброблення деталі	*Густина струму, А/дм*	*Тривалість оброблення, хв*
Сталь 20	10	2
Сталь 20 цементована	40	
Сталь 45 нормалізована	20	
Сталь 45 загартована струмами високої частоти	60	
Сталь 40Х загартована струмами високої частоти	70	
Сталь 18ХГТ цементована	50	4
Сталь 12ХН3А цементована	40	

При добавленні в розчин $FeSO_4 \times 7H_2O$ електроліт працює менш активно. Однак при цьому режимі анодного травлення необхідно корегувати концентрацію електроліту по мірі накопичення в ньому $FeSO_4 \times 7H_2O$.

10. Миття деталі холодною водою. Деталі вагою 3 – 5 кг і більше рекомендують промивати гарячою водою при температурі 80 – 90℃. Метою промивання є видалення залишків кислоти зі всіх заглиблень і порожнин деталей, при тривалому прогріванні від 10 с до 5 хв.

11. Завішування деталей в ванну залізнення і витримування деталі в ванні без включення струму протягом 30 с для руйнування пасивуючої плівки.

Для деталей, які піддавали промиванню гарячою водою, операцію витримування без струму не проводять.

12. Залізнення деталей. Основний час на процес залізнення деталей визначають за формулою:

$$t_o = \frac{10^3 \gamma h}{D_k c \eta}, \quad (11.3)$$

де γ – густина осадів заліза (γ = 7,8 г/см^3); h – товщина шару покриття, мм; c – електролітний еквівалент (с = 1,042 г/А·год); η – катодний вихід заліза за струмом, %.

При заданні товщини покриття необхідно враховувати припуск на наступне шліфування деталі в межах 0,20 – 0,25 мм. Анодами служать пластини з низьковуглецевої сталі товщиною 6 – 10 мм і шириною 40 – 50 мм. Довжину анодів вибирають відповідно до габаритів деталі. Загальну кількість анодів беруть виходячи з площі, яка підлягає покриттю, з дотриманням співвідношення між анодною і катодною поверхнями в межах від 1 до 2.

Для зменшення забруднення електроліту шламом доцільно поміщати аноди в чохли з кислотостійкої скляної тканини.

Розміщення деталей в ванні повинно забезпечувати достатню відстань між ними для запобігання екранування одна одної. Верхні кінці деталей повинні бути нижче рівня електроліту на 5 – 10 см, а нижні – не ближче 10 – 15 мм від дна ванни. Для отримання високоякісних осадів електроліт необхідно фільтрувати. При роботі ванни в одну зміну й середніх режимах процесу електролізу періодичність фільтрування рівна 5 – 7 днів.

13. Після залізнення виконують промивання деталей гарячою водою при температурі 80 – 90℃.

14. Нейтралізація в 10–ти процентному розчинні каустичної соди при температурі 80 – 90℃ і витримуванні 30 хв.

15. Промивка гарячою водою.

16. Демонтаж деталей з підвісок і видалення ізоляції.

17. Контроль якості покриття.

18. Механічне оброблення – шліфування деталі під необхідний розмір алундовими або елеткрокарборундовими шліфувальними кругами СМ2, СМ1 з зернистістю 46 – 60, при інтенсивному охолодженні.

Покриття повинно бути гладким, без великої кількості виступів, дендритів, розривів, лущення й інших видимих дефектів.

Розглянутий технологічний процес залізнення, як і хромування, містить багато різних підготовчих і кінцевих операцій і тому є тривалим. В цьому полягає основний недолік залізнення, при всіх інших явних його перевагах перед хромуванням й іншими способами відновлення деталей.

В табл. 11.3 приведені режими залізнення деталей.

Таблиця 11.3 − Режими залізнення

Марки сталей	*Термічне оброблення*	*Твердість деталі*	*Режим залізнення*			*Мікротвердість покриття*	
			Електроліт, №	*температура, °С*	*Густина струму, А/дм²*	*кГ/мм²*	*ГН/м²*
20, 30, 35, 40, 45	Нормалізація	НВ 143 – 207	2	90	20 – 30	220 – 300	2,2 – 3,0
35, 38, 38А, 40, 45, 45Г2, 50Г	Покращення (загартування, високий відпуск)	НВ 240 – 321 НВ 369 – 415	3 2 3	90 90 90	20 40 20–30	350 – 380 360 – 380 350 – 420	3,5 – 3,8 3,5 – 3,8 3,5 – 4,2
20, 20А	Цементація, загартування, низкий відпуск	HRC 56 – 62	3	80	50	500 – 550	5,0 – 5,5
40, 45	Загартування струмами високої частоти	HRC 50 – 62	3	80	50	500 – 550	5,0 – 5,5
ЗОХ, 35Х, 40Х, ЕСХ–8, 35ХГС	Покращення	НВ 255 – 320	3 2	90 90	20 20 – 40	340 – 360 350 – 360	3,4 – 3,6 2,5 – 3,6
40ХНМ, 40ХН, 50ХГА	Покращення	НВ 363 – 415	3	90	30	400 – 430	4,0 – 4,3
12ХН3А, 15Х, 20Х, 20ХН, 15НМ, 18ХГТ	Цементація, загартування, відпуск	HRC 56 – 60	3	80	50	550 – 600	5,5 – 6,0

Для залізнення застосовують ванни з зовнішнім нагріванням. Матеріал ванн повинен бути кислотостійким і теплопровідним. На практиці застосовують металічні ванни, футеровані хімічно–стійкими теплопровідними плитами. Надійнішими в роботі є ванни, футеровані графітовими плитками, просоченими смолою. Використовують також ванни з зовнішнім підігрівом, фарфорові й керамічні.

Добру хімічну й механічну стійкість і теплопровідністю мають вуглеграфітові матеріали, зокрема ангеміт АГМ–1, з якого виготовляють футеровочні плити й труби. Ангеміт отримують просоченням графіту фенол–формальдегідною смолою. Плити кріплять до стінок ванни за допомогою замазки арзаміт 4 або 5. Для виготовлення і футерування ванн можна використати графітоліт – новий кислотостійкий матеріал, який складається з фенолформальдегідної смоли і порошку графіту.

Ванни для залізнення й інше допоміжне обладнання, яке контактує з електролітом, можна виготовляти стальними з футеруванням напівебонітом. Кріплення напівебоніту до стінок ванни виконують резиновим клеєм. Добрим матеріалом для виготовлення ванн і обладнання служить фенолформальдегідна пластична маса – феоліт.

Для захисту металічних ванн від дії електроліту використовують облицювання діабазовими плитками на кислотостійкій замазці (кислотно–стійкий цемент). Таким чином, є багато різних матеріалів, які дозволяють значно підвищити термін служби ванн для залізнення. Ванни повинні бути оснащенні місцевою витяжною вентиляцією.

Для нагрівання електроліту використовують різне обладнання. Нагрівання електроліту в наннах зі стінками із нетеплопровідних матеріалів виконують нагрівачами, поміщеними в електроліт. Безпосереднє, внутрішнє нагрівання електроліту нагрівачами здійснюють одним з наступних способів: електричними нагрівачами, встановленими в кварцових трубках; змійовиками – паропровідними трубками, розміщеними в електроліті; електронагрівом опору – пропусканням через електроліт змінного струму.

При останньому способі в ванну опускають нагріваючі стержні – електроди, до яких підводять струм від понижуючого трансформатора СТЕ–24 або СТЕ–34.

У ваннах з теплопровідними стінками нагрівання електроліту здійснюють через подвійне облицювання, порожнину якого заповнюють маслом з високою температурою кипіння або водою. Масло в порожнині облицювання нагрівають паровими змійовиками, електронагрівачами, електричною плитою або газовими пальниками, розміщеними під ванною. Для відсмоктування випарів масла з порожнини її з'єднують за допомогою патрубка з вентиляційною системою ванни.

Фільтрування електроліту для очищення його від забруднень в умовах авторемонтного виробництва може виконуватись періодично шляхом відсмоктування електроліту в відстійному баку. Бак встановлюють поруч з ванною на підставці таким чином, щоб дно баку було вище рівня електроліту приблизно на 200 мм. Перекачування електроліту з ванни в бак виконують відцентровим насосом, а зворотно – самопливом. Кращим способом фільтрації є безперервна фільтрація за допомогою спеціальної установки, в якій електроліт з ванни під тиском, що утворюється насосом, подають у фільтр і в очищеному вигляді поступає знову у ванну. Для підтримання стабільності рівня і кислотності електроліту необхідно добавляти в ванну очищену і підігріту воду в кількості 8 – 10 л/год на 1 $м^2$ площі ванни і соляної кислоти 0,7 – 0,8 г (густина 1,14 г/$см^2$) на 1 А×год струму, що проходить через електроліт.

Як джерела струму, як і при хромуванні, застосовують мотор–генератори постійного струму 6/12 В, 1000/500 А.

Відновлення деталей покриттям твердим (зносостійким) електролітним залізом є перспективним способом, який все більше впроваджують у ремонтне виробництво.

11.7. Відновлення деталей іншими видами покриттів

Покриття сплавами на основі заліза

Для авторемонтного виробництва є потреба застосування інших видів електролітичних покриттів для відновлення зношених деталей. До них відносять різні сплави на основі заліза і зносостійке нікелювання.

Широкі дослідження різних сплавів на основі заліза провів В.П. Ревякін. З восьми запропонованих ним сплавів становлять інтерес залізо–марганцевистий і залізо–цинковий сплави. Сплав Fe – Mn з вмістом в осаді Mn до 0,8 % і твердістю НВ 350–450 можна отримати з електроліту такого складу і режиму роботи:

$MnC1_2 \times 4H_2O$, г/л	350
NH_4Cl, г/л	100 – 125
$FeCl_2 \times 4H_2O$, г/л	30 – 50
Кислотність pH	3,6
Температура електроліту, °С	18
Густина струму D_K, А/дм^2	3
Швидкість відкладення осаду, мм/год	0,02 – 0,03
Найбільша товщина осаду, мм	0,5 – 1,0

Сплав Fe – Mn можна застосовувати для відновлення деталей з поверхневою твердістю до НВ 400 – 450 і спряжених з підшипниками ковзаня або кочення.

Інтерес становить залізо–цинковий сплав Fe–Zn, отриманий з електроліту такого складу і режиму роботи:

$ZnSO_4 \times 7H_2O$, г/л	150 – 200
$FeSO_4 \times 7H_2O$, г/л	30 – 40
$Na_2SO_4 \times 10H_2O$, г/л	60
Кислотність pH	3,2
Температура електроліту, °С	40 – 45
Густина струму $D_к$, А/дм^2	5 – 8
Швидкість відкладення осаду, мм/год	0,05 – 0,08
Найбільша товщина осаду, мм	0,5 – 1,0
Твердість осаду НВ	40 – 50

Цей сплав може бути використаний для відновлення підшипників ковзання.

Покриття твердим нікелем

Для відновлення деталей з поверхневою твердістю до НВ 400 – 450, спряжених з підшипниками ковзання або кочення, можна застосовувати покриття твердим зносостійким нікелем. Тверде нікелювання має такі техніко–економічні переваги перед хромуванням, хоча хром, на сьогоднішній день, є неперевершеним покриттям за зносостійкістю.

До числа переваг твердого нікелювання, порівняно з хромуванням, є:

а) вищий електрохімічний еквівалент, рівний 1,095 г/А·год, тоді як для хрому еквівалент рівний 0,323 г/А·год;

б) вихід металу за струмом при нікелювання в 7 разів перевищує вихід за струмом при хромуванні;

в) витрати електроенергії в 20 – 30 разів менші;

г) велика швидкість відкладення осаду;

д) менша густина струму.

Нікелеві покриття отримують твердішими при низькій температурі та високих значеннях pH. Твердість нікелевих осадів підвищується при спільному осадженні з фосфором (сплав Ni – P).

Сплав Ni – P з вмістом фосфору 2 – 3 % можна отримати з електроліту складу (г/л):

$NiSO_4 \times 7H_2O$	175;
$NiCl_2 \times 6H_2O$	50;
H_3PO_4	50;
H_3PO_3	1,3;

і з вмістом фосфору 12 – 15 % з електроліту складу (г/л):

$NiSO_4 \times 7H_2O$	150
$NiCl_2 \times 6H_2O$	45
H_3PO_4	50
H_3PO_3	40

Значення pH для цих електролітів має дорівнювати 1,0.

При зниженні pH осади стають крихкими. Температура електроліту становить 75 – 95℃, густина струму 5 – 40 А/дм2. При підвищенні густини струму вміст фосфору в покритті зменшується. При вмісті фосфора в покритті 2 % отримують гладкі матові осади, у міру підвищення вмісту фосфору осади стають блискучими. Твердість опадів сплаву Ni–P становить HV 350 – 720 (HB 341 – 650). Твердість осаду можна підвищити нагріванням його протягом 1 год при температурі 400℃. Однак таке високотемпературне нагрівання для деталей не може бути рекомендоване через порушення термічного оброблення.

Хімічне нікелювання

Хімічне нікелювання дозволяє отримувати твердий і щільний осад на поверхнях деталей будь–якої форми, в тому числі і внутрішніх поверхнях. Отримання осаду металевого нікелю засноване на відновленні іонів нікелю до металу під дією гіпофосфіту натрію. Для хімічного нікелювання не потрібно джерел струму та іншого електрообладнання. Для цього застосовують ванну з розчином і нагрівальний пристрій. Підігрівання розчину здійснюють парою, газовими та електричними нагрівачами. Для виготовлення ванн можна використовувати ті ж матеріали, що і для розглянутих раніше електролітичних процесів.

Застосовують такі склади розчинів і режим роботи:

Хлористий нікель, г/л	20;
Гіпофосфіт натрію, г/л	24;
Лимоннокислий натрій, г/л	45;
25–ти процентний розчин гідрооксиду амонію, г/л	50 – 60;
Хлористий амоній, г/л	30;
Температура електроліту, ℃	82 – 85;
Кислотність, pH	8 – 9;
Швидкість відкладення осаду, мм/год	0,020 – 0,022,

або

Сірчанокислий нікель, г/л	20;
Гіпофосфіт натрію, г/л	24;
Оцтово–кислий натрій, г/л	10;
Температура електроліту, ℃	90 – 96;
Кислотність pH	4,5 – 5,0;
Швидкість відкладення осаду, мм/год	0,022 – 0,023.

Можна застосовувати й інші склади як лужних, так і кислих розчинів. Одержуваний осад являє собою сплав нікелю з фосфором, склад якого приблизно (90 – 95) % Ni і (10 – 5) % P. Твердість осаду досягає HRC 45. Нагрівання осаду до температури 350–400℃ при витримуванні 1 год підвищує його твердість до HRC 67 і збільшує міцність зчеплення з основним металом. Проте за вказаними раніше причинами рекомендувати нагрівання деталей не доводиться. Підготовка поверхні до покриття повинна містити операції механічного оброблення, знежирення та миття деталей. Тверді нікелеві покриття мають зносостійкість приблизно в 2 рази меншу порівняно з твердим хромом.

Таким чином, ремонтне виробництво володіє значною кількістю способів отримання електролітичних і хімічних покриттів. Застосування цих способів, особливо при централізованому відновлення деталей машин дозволить розширити номенклатуру деталей, які відновлюють під номінальні розміри і забезпечити їх взаємозамінність.

11.8. Відновлення деталей синтетичними матеріалами

Синтетичні, або полімерні, матеріали застосовуються для усунення механічних ушкоджень на деталях (тріщини, пробоїни, відколи тощо), компенсації зношування робочих поверхонь деталей і з'єднання деталей склеюванням.

Для відновлення деталей використовують пластмаси у вигляді чистих полімерів (полістирол, поліетилен, поліпропілен тощо), полімерів з наповнювачами, пластифікаторами, барвниками, затверджувачами й іншими добавками, а також синтетичні клеї.

Перевагами застосування полімерних матеріалів є простота технологічного процесу й устаткування, низька трудомісткість і вартість робіт.

У той же час при роботі із синтетичними матеріалами є вагомий недолік: багато компонентів є токсичні й вогненебезпечні. Тому їх використання вимагає обов'язкового дотримання правил техніки безпеки й протипожежної безпеки.

Усі пластмаси діляться на дві групи: реактопласти й термопласти.

Реактопласти, або термореактивні пластмаси, застосовуються у вигляді різних композицій на основі епоксидних смол, наприклад. Затверджувачем служить поліетиленполіамін.

Для прискорення затвердіння композицію витримують при температурі 60...70°С. Реактопласти використовують для вирівнювання вм'ятин в обшивці кузова й закладення тріщин, а також у клейових складах.

Серед термопластів, або термопластичних пластмас, знаходять застосування поліаміди, наприклад полікапролактам (капрон), фторопласт тощо. При нагріванні композиції розм'якшуються і їм можна надати будь–яку форму, але після охолодження вони тверднуть. При повторному нагріванні термопласти зберігають свої пластичні властивості.

Для підвищення твердості й зносостійкості в поліамідні смоли вводять наповнювачі: графіт, тальк, дисульфід молібдену, металеві порошки тощо.

При газовогняному напилюванні термопласта у вигляді порошку він розплавляється в полум'ї спеціального пальника, розпорошується струменем стисненого повітря й осаджується на знежирену поверхню деталі, попередньо підготовлену (зашкурену) для забезпечення зчеплення покриття. Для усунення нерівностей кузова використовують спеціальний порошок ТПФ–37. Синтетичні клеї застосовують:

– для відновлення деталей типу бачків радіаторів і інших подібних деталей, що мають пробоїни, шляхом приклеювання накладок;

– для відновлення гальмових колодок шляхом наклеювання фрикційних накладок;

– вклеювання втулок, вкладишів тощо.

Зазор між частинами, що склеюються, повинен становити 0,05...0,2 мм.

Технологічний процес склеювання полягає в наступному.

Поверхня деталі очищають від забруднення, знежирюють, попередньо створивши на ній абразивною шкуркою необхідну шорсткість (орієнтовно *Rz* = 30...10 мкм).

Наносять 2–3 шару клею товщиною 0,1 мм, просушуючи кожний з них протягом заданого для застосовуваного клею часу t. Наприклад, при наклеюванні фрикційних накладок на гальмові колодки клеєм ВР – 10Т час сушіння τ 1 = 15...20 хв. і τ 2 = 10...15 хв. При сушінні в сушильній шафі при температурі 60 °С t = 5 хв.

Поверхні, що склеюються, з'єднують і витримують під тиском при певній температурі протягом заданого часу, а після склеювання повільно прохолоджують. Наприклад, режим склеювання для клею ВР–10Т (t= 180 °С, р = 0,5...1,0 МПа, τ= 45 хв.) забезпечує робочий діапазон температур деталі в межах від –60 до +100 °С.

Клеї типу БФ–2 належать до універсальних і застосовуються для склеювання металів і пластмас між собою й з іншими матеріалами. Для даного

випадку режим склеювання наступний: t = 140...150 °С, p = 0,5...1,0 МПа, τ = 30...60 хв.

11.9. Відновлення деталей за допомогою полімерних матеріалів

При виробництві, технічному обслуговуванні й ремонті машин набули широкого застосування різні види синтетичних, полімерних, композиційних матеріалів і пластичних мас на їхній основі. При цьому використовуються фізичні й хімічні процеси взаємодії ремонтних матеріалів з відновлюваними деталями.

Методи відновлення деталей машин із застосуванням анаеробних матеріалів. Анаеробні матеріали являють собою рідкі або в'язкі композиції, здатні тривалий час залишатися у вихідному стані й швидко тверднути в зазорах між металевими поверхнями, що сполучаються, при порушенні контакту з киснем повітря.

Здатність анаеробних матеріалів заповнювати мікронерівності й мікротріщини на робочих поверхнях деталей, зазори в сполученнях деталей, фіксувати взаємне положення деталей з різними видами з'єднань (різьбовими, фланцевими, із гладкими поверхнями), швидке твердіння з утворенням міцного з'єднання, стійкість до агресивного впливу навколишнього середовища (волога, нафтопродукти, перепад температури) забезпечили можливість створення якісно нової технології ремонту автомобілів.

Анаеробні герметики знайшли широке застосування для просочення пористого лиття, зварних швів, пресованих виробів (рис. 11.9), стопоріння різьбових з'єднань (рис. 11.10), фіксації рухомих з'єднань (рис. 11.11), ущільнення різьбових і фланцевих з'єднань (рис. 11.12).

Анаеробні герметики не чутливі до впливу води, мінеральних масел, палив, розчинників. Більшість цих матеріалів нетоксичні, не виявляють негативного впливу на навколишнє середовище й забезпечують надійний антикорозійний захист деталей, що ущільнюються. Найважливішою перевагою анаеробних герметиків є можливість їх застосування в сполученнях деталей з будь–яких матеріалів у різних комбінаціях при допусках від –0,2 до +0,6 мм. Після твердіння вони зберігають десятиліттями високі пружні й втомні характеристики, забезпечують 100% – вий контакт деталей, що сполучаються, витримують температуру від –60 до +250 С і тиск до 35 Мпа.

Анаеробні матеріали дозволяють значно підвищити надійність конструкцій. При встановленні підшипників на анаеробний герметик усувається зношування й корозія на посадкових поверхнях. Ці матеріали забезпечують герметичність і високу міцність посадки підшипника, на вал або посадкове гніздо. Підшипники можна фіксувати на валу з міцністю на зріз до 30 Н/мм2. При цьому не виникає внутрішніх напружень, які неминучі у випадку застосування нагрівання для отримання пресових посадок. Після випресування підшипника, встановленого за допомогою анаеробного матеріалу,

посадкова поверхня залишається чистою, і при ремонті механізму досить повторно нанести герметик.

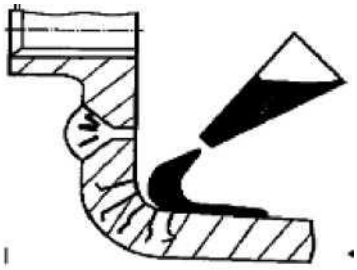


Рисунок 11.9 − Схема просочування для усунення мікропор зварних швів і мікротріщин деталей

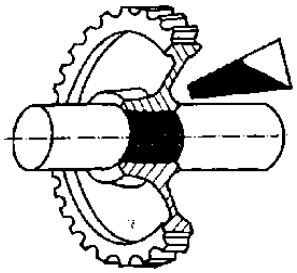


Рисунок 11.10 − Схема фіксації, стопоріння і герметизації рухомих з’єднань типу «вал–втулка»

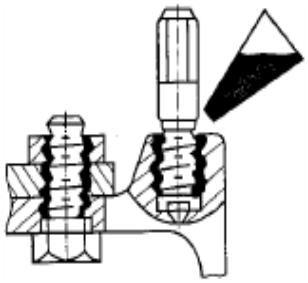


Рисунок 11.11 − Схема герметизації різьбових з’єднань

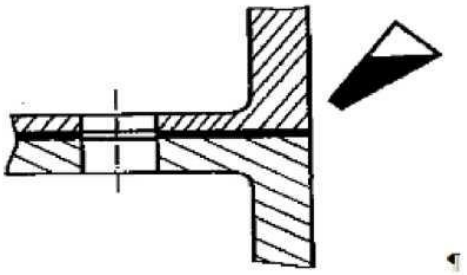


Рисунок 11.12 − Схема ущільнення фланцевих з’єднань

Швидкість твердіння анаеробних герметиків і час досягнення максимальної міцності з'єднання залежить від температури навколишнього середовища. Зниження температури нижче 15 °С сповільнює полімеризацію й викликає необхідність застосування спеціальних активаторів. Деякі марки анаеробних герметиків здатні полімеризуватись при температурі до –10 °С, що дозволяє здійснювати ремонт машин у польових умовах. На якість ущільнення впливає вид матеріалу герметизуючого сполучення, чистота поверхонь, що контактують із анаеробним матеріалом, форма й розміри деталей, технологія складання, режими твердіння тощо.

По впливу на швидкість твердіння герметика в сполученні матеріали деталей умовно діляться на активні (мідь, сплави міді, нікель), нормальні (залізо, вуглецеві сталі, цинк), пасивні (високовуглецеві сталі, алюміній, титан і його сплави, матеріали з антикорозійними покриттями, пластмасові вироби).

Для правильного вибору марки герметика необхідно враховувати в'язкість складу й зазор між деталями, що ущільнюються. Високов'язкий герметик важко рівномірно розподілити в малому зазорі, а низьков’язкий не втримується у великому зазорі й випливає до моменту твердіння. В'язкість анаеробних матеріалів (табл. 11.4) залежить від температури навколишнього середовища: підвищення температури на 5...6 °С веде до зниження динамічної в'язкості матеріалу. Використовуючи цю властивість анаеробних матеріалів, можна підібрати оптимальні параметри технологічного процесу ремонту

машини з урахуванням розмірів зазорів і особливостей конструкції ремонтованої складальної одиниці.

Деякі анаеробні матеріали мають властивість прискореного твердіння (табл. 11.5), що важливо при проведенні аварійного ремонту в умовах експлуатації.

Таблиця 11.4 − Фізико–механічні властивості анаеробних матеріалів

Назва показника	*Кінематична в'язкість при температурі 20°С, 106 м²/с*	*Межа міцності на зрушення через 24 год, МПа*	*Максимальний зазор, що ущільнюється, мм*	*Температурний діапазон експлуатації, °С*
ДН–1	100...150	10,0...16,0	0,15	–60...+150
ДН–2	1000...3000	8.0...14,0	0,30	–60...+150
Анатерм–125Ц	100...200	1.5...3,0	0,15	–90...+120
Анатерм– 4	120...180	3,0...6,0	0,15	–90...+120
Анатерм–6	15000...30000	8,0...15,0	0,45	–60...+150
Анатерм–8	15000..30000	2.0...8,0	0,45	–60...+150
Анатерм–17	4000...6000	0.5...3,0	0,35	–60...+150
Анатерм–18	4000...6000	2,0...4,0	0,40	–60...+150
Анатерм–6В	4000...8000	8,0...16,0	0,40	–100...+150
Анатерм–	400...700	–	0,25	–60...+150

Таблиця 11.5 − Физико–механичні властивості анаеробних матеріалів прискореного твердіння

Назва показника	*Кінематична в'язкість при температурі 20 °С, 106 м²/с*	*Межа міцності на зрушення через 24 год, МПа*	*Максимальний зазор, що ущільнюється, мм*	*Температурний діапазон експлуатації, °С*
Анатерм–17М	2000...6000	0,5...3,0	0,40	–50+150
Анатерм–50у	40…60	5,0…9,0	0,10	–50+150
Унигерм–2М	100…300	3,3…5,6	0,15	–60+150
Унігерм–6	–	10,0…14,0	0,30	–60+150
Унігерм–7	100…200	15,0…22,0	0,15	–60+150
Унігерм–8	–	10,0…14,0	0,45	–60+150
Унігерм–9	–	10,0…16,0	0,30	–60+150
Унігерм–10	–	12,0…16,0	0,30	–60+150
Унігерм–11	400…700	7,0…18,0	0,20	–60+150

Перед нанесенням анаеробного герметика на поверхні підлягаючих складанню деталей ретельно очищаються. Окалина й іржа видаляються механічно, масляні й інші забруднення – розчинниками (ацетон, петролейний ефір, бензин, фреон, хлоровмісні розчинники). Для знежирення поверхні виробу протирають змоченими в розчиннику тампонами з бавовняної тканини, промивають за допомогою кисті, зануренням або заливанням.

Деталі після гальванічного покриття можна герметизувати без попереднього знежирення.

Неметалічні матеріали, що відрізняються великою пористістю, не знежирюються, а зачищаються шкуркою. Пил, що залишається на поверхні, видаляють. При необхідності після знежирення (зачищення) на одну з поверхонь, що сполучаються, м'якою кистю наносять тонкий шар активатора з наступною витримкою деталей при температурі 15...35 °С протягом 10...20 хв. (до повного висихання). Час між нанесеннями активатора й анаеробного складу не повинне перевищувати 8 год. Якщо виключити можливість забруднення оброблених активатором деталей (маслом, пилом тощо), можна наносити герметик через 7...10 суток.

Активатори призначені для скорочення часу твердіння анаеробних герметиків. Органічні розчинники, що входять до їхнього складу, забезпечують рівномірний розподіл активатора на поверхні, сприяють її додатковому знежиренню. Використання активаторів забезпечує твердіння герметиків при температурі нижче 0 °С.

Герметизація мікродефектів (мікротріщин, мікропор)

При усуненні мікродефектів поверхню деталі знежирюють, сушать, потім роблять герметизацію. Активатор у цьому випадку не застосовується. Герметик наносять м'якою кистю, а також зануренням або заливанням. Герметик наносять на місце течі або на всю поверхню литих, штампованих, пресованих деталей, а при герметизації зварених з'єднань – на всю поверхню звареного шва, захоплюючи 10...15 мм біля шовної зони. Операцію повторюють 2...3 рази через 15...20 хв. Для прискорення процесу твердіння або при низькій температурі робочого приміщення рекомендується через 30 хв. після останнього просочення прогріти виріб при температурі 60...90 °С протягом 30...120 хв.

Витрата анаеробних герметиків залежить від методу застосування й становить 1...5 г на 100 $см^2$ поверхні при герметизації циліндричних з'єднань із зазором 0,05...0,2; 1...5 г на 100 болтів залежно від діаметра й висоти різьблення; 3...10 г на 1 кг лиття при просоченні залежно від конфігурації виробу.

Залежно від застосовуваних марок герметика й активатора виріб може бути введений в експлуатацію через 6...24 год.

Клейові технології відновлення працездатності деталей машин

Клейові технології відновлення працездатності деталей машин забезпечують можливість усунення таких дефектів, як тріщини розміром до 150 мм, пробоїни площею до 2,5 $см^2$, течі, відколи, кавітаційні руйнування. За

допомогою клейових з'єднань можна ремонтувати рамні конструкції, створювати зносостійкі графітові покриття, відновлювати зношені плоскі й циліндричні посадкові поверхні деталей тощо.

Ремонт із застосуванням клейових матеріалів має наступні переваги в порівнянні з механічними способами з'єднання деталей (зварюванням тощо): можливість з'єднання деталей з різнорідних матеріалів; відсутність внутрішніх напружень, жолоблення, впливу на структурний стан і зміна властивостей, що з'єднуються матеріалів; міцність і герметичність з'єднання; простота технологічного процесу й застосовуваного устаткування; невисока трудомісткість і вартість ремонту.

Найбільше поширення при відновленні працездатності деталей машин отримали епоксидні клейові матеріали. Висока міцність з'єднання епоксидних смол з різними матеріалами, стійкість до атмосферних і корозійних впливів, нейтральність стосовно матеріалів, що склеюються, мала усадка забезпечують широкі можливості їх застосування при ремонті автомобілів, тракторів і будівельних машин.

Армування епоксидних матеріалів скловолокном забезпечує істотне розширення області їх застосування при відновленні деталей: збільшення площі пробоїн до 50 см^2 і довжини тріщин, що зашпаровуються, що підвищує ефективність ремонту кабін, баків, облицювання тощо. Епоксидні матеріали застосовуються при ремонті деталей, що працюють у діапазоні температур від –70 до +120 °С. Основним недоліком епоксидних клейових з'єднань є токсичність компонентів.

При ремонті машин широко використовуються акрилові, ціанакрилові й силіконові клеї (табл. 11.5 і табл. 11.6).

Таблиця 11.6 − Параметри акрилових клеїв для міцного склеювання

Марка	*АН–103*	*АН–111*	*АН–105АБ*
Час схоплювання, хв.	15...20	5...10	2...3
Міцність, МПа	30	30	30
Температура, °С	–60+ 120	–60+ 150	–60+ 150
Марка	АН–106АБ	АН–ПОАБ	КВ–401
Час схоплювання, хв.	2...3	0,4...1,5	0,6...0,3
Міцність, МПа	35	30	5
Температура, °С	–60+ 175	–60+ 150	–40+80

Таблиця 11.7 − Параметри ціанакрилових клеїв для міцного склеювання

Марка	*ТК–200*	*ТК–201*	*ТК–300*	*КМ–200*	*МИГ*
Час схоплювання, хв.	–	1	1	1	1
Температура, °С	+125	+ 125	+ 100	+ 100	+200

Із клейових матеріалів хорошими якостями для відновлення деталей машин володіють: MOLYKOTE AP – універсальний силіконовий клей–герметик, що забезпечує міцне з'єднання деталей у робочому діапазоні температур від мінус 50 до плюс 220°С; Silikon AP 1945548 – кремнійорганічний білий силіконовий каучук; Silikon AP 1945505 – кремнійорганічний прозорий силіконовий каучук; Silikon AP 2404559 – кремнійорганічний силіконовий каучук чорного кольору.

Перераховані матеріали, вироблені фірмою MOLYKOTE, застосовуються для склеювання деталей з металів, скла, гуми, натуральних і синтетичних волокон, більшості видів пластмас.

Клейові матеріали не тільки забезпечують можливість міцного з'єднання деталей з різних матеріалів, але також ущільнюють зазори й тріщини; герметизують ліхтарі, вікна, шланги й патрубки; ізолюють електричні контакти; усувають вібрацію й шум; застосовуються для виготовлення ущільнень і прокладок будь–якої форми.

Метод холодного молекулярного зварювання (ХМЗ). Цей метод є новим і перспективним способом відновлення деталей машин.

Зварний шов формується за допомогою спеціально розроблених ремонтно–композиційних матеріалів Реком, Пласт–метал тощо.

Матеріали, застосовувані для ХМЗ, являють собою металізовані композиції, що полягають на 70...80 % з дорогих дрібнодисперсних металів (нікель, хром, цинк) і спеціально підібраних олігомерів, що утворюють при твердінні тривимірні полімерні сітки підвищеної міцності, що використовують поверхневу енергію будь–яких матеріалів. Ці матеріали не слід плутати з епоксидними складами й клеями, тому що вони мають властивості металів і легко зазнають механічній обробці.

Технологія ХМЗ не вимагає термічного або механічного впливу на відновлювану поверхню. Операції проводяться на повітрі без якого–небудь захисного середовища й спеціального технологічного устаткування, що дозволяє виконувати ремонтновідновлювані роботи в будь–яких приміщеннях, а також у польових умовах. Компоненти ХМЗ не містять летучих токсичних речовин, у процесі затвердіння не виділяють побічних продуктів реакції, що забезпечує екологічну безпеку їх застосування при ремонті машин.

За допомогою технології ХМЗ можна роби високоміцні з'єднання деталі з різних матеріалів, відновлювати розмір й форму зношення деталі (вал, отвір, посадочні місця під підшипники тощо), наносити на робочі поверхні деталей зносостійкі покриття з ефектом самозмащування, усунути тріщини і зколювання. Деталі, виготовлені або відновлені методом ХМЗ, зберігають працездатність при температурі від –60 до +350 °С.

Композитні матеріали ХМЗ готовлять до роботи на місці ремонту змішуванням двох компонентів. Суміш має гарну адгезію з будь–якими матеріалами.

Найпоширенішим об'єктом ремонту машин є нарізні сполучення. Процедура відновлення працездатності нарізного сполучення полягає в наступному. Поверхню нового болта змочують спеціальною розділовою

рідиною для усунення зчеплення композита з поверхнею болта й забезпечення можливості наступного розбирання з'єднання. На зволожену поверхню болта наноситься шар композиційного матеріалу ХМЗ. Підготовлений у такий спосіб болт вгвинчують в ушкоджений різьбовий отвір. Затверділий склад повторює профіль різьблення болта.

Особливо ефективний метод ХМЗ для ремонту глухих різьблень у стінках масивних корпусних деталей. Аналогічним способом відновлюють шпонкові з'єднання.

Технологія ХМЗ також зручна для ремонту тонколистових кузовних деталей, для усунення протічок теплообмінників і ємностей для зберігання нафтопродуктів. У порівнянні із традиційними термічними способами ремонту (зварюванням, пайкою) технологія ХМЗ не вимагає розбирання агрегатів, зливу масел з картерів і ємностей. У випадку застосування ХМХ не виникають внутрішні термічні напруги й виключається можливість ушкодження існуючих зварених швів, усувається пожежонебезпека ремонтних робіт.

Висока якість відновлення деталей машин методом ХМЗ може бути забезпечене тільки при правильному виборі полімерного матеріалу.

Поряд з механічною обробкою затверділого композита можливе формування геометричних розмірів робочої поверхні відновлюваної деталі в період пластичного стану композиційних матеріалів. Для цього використовують деталь, що сполучається, змазану розділовим складом.

Матеріал Реком–Б за рівнем властивостей перевершує закордонні аналоги. Базовий склад є основою для розробки матеріалів, що володіють спеціальними властивостями. Наприклад, Реком–В – адгезією до вологої поверхні, « Реком–М» – адгезією до замасленої поверхні, «Реком–Ж» – підвищеною термостійкістю, « Реком–І» – підвищеною зносостійкістю, «Реком–0» – для використання при негативних температурах у польових умовах, «Реком–Супер» – композит нового покоління з адгезією до сталевої поверхні до 35 Мпа (закордонних аналогів не має).

Матеріал «УНИРЕМ» успішно застосовується при ремонті радіаторів систем охолодження двигунів, блоків циліндрів, трубопровідної арматур, а також глушителів.

Технологія застосування матеріалів для холодного молекулярного зварювання. Поверхня деталі повинна бути попередньо очищена ручним або механізованим інструментом. У першому випадку використовують шабер, напилок, кард–щітку, наждакову шкурку; у другому – електро– або пневмоінструмент, на шпинделі якого закріплені шліфувальні диски на фібровій основі, дротові щітки тощо.

У виробничих умовах для очищення й підготовки поверхонь таких деталей машин, як блок циліндрів, картер, головки циліндрів і інших корпусних деталей застосовують дрібноструйні апарати. Деталі з алюмінію, його сплавів і інших легких матеріалів обробляють у гідро піскоструйних установках.

Після підготовки поверхні її знежирюють одним з вищеописаних способів. Затверджувач вводять у суміш при ретельному її перемішуванні протягом 4...5 хв. безпосередньо перед застосуванням складу. Рекомендується

готовити склад порціями по 50... 100 г на металевих, емальованих або облицьованих поліетиленом піддонах, що мають більшу поверхню й малу висоту стінок. Товщина шару в піддоні не повинна перевищувати 10 мм. Строк технологічної придатності складу не більш 30 хв., після чого він втрачає пластичність.

Ремонт методом ХМЗ проводять у добре провітреному приміщенні, що має місцеві відсмоктувачі повітря. На підготовлену поверхню металевим шпателем наносять композицію, ретельно втираючи її в усі нерівності й зазори, утворені між нарощуваною поверхнею деталі й стінкою форми. Щоб клейова композиція не прилипала до робочих поверхонь форми, їх покривають розділовим шаром спеціального складу (двопроцентний розчин поліізобутилену в бензині). На робочому місці деталь установлюється так, щоб відновлювана поверхня перебувала в горизонтальній площині. В окремих випадках, щоб попереджати стікання композиції з похилої поверхні деталі, на неї накладають папір. Щоб склад не затікав у гладкі або різьбові отвори, їх закривають гумовими або дерев'яними пробками, обгорненими папером. Щілини заповнюють пластиліном. Якщо суміш наносять із метою нарощування зношеної поверхні, то передбачають припуск 0,15...0,20 товщини нарощуваного шару на наступну механічну обробку.

При нанесенні на деталі компонентів Реком–Б слід мати на увазі, що твердіння композиції починається з моменту введення до його складу затверджувача. «Життєвість» композиції (тривалість збереження агрегатного стану композиції, зручного для її використання) 30 хв., а твердіння відбувається при кімнатній температурі протягом доби.

Термообробка композиції при температурі 50...100 °С приводить до підвищення її пружних характеристик, внаслідок чого може бути рекомендований наступний режим твердіння: **3** год. при температурі 20 °С і ще 3 год. при температурі 80 °С.

Механічна обробка матеріалів ХМЗ. При обробці відновлюваних деталей на металорізальних верстатах для охолодження різця й видалення стружки застосовують стиснене повітря. Через ковзання інструмента по оброблюваній поверхні застосовувати охолодні рідини не рекомендується. Щоб уникнути викрашування матеріалу деталей і зміни їх розмірів різальні крайки інструмента повинні бути гостро заточеними. Зношування різального інструменту при обробці полімерів може бути значно більше, ніж при обробці металів, через неоднорідність і абразивної дії наповнювачів. Застосовують різальний інструмент зі швидкорізальної сталі й твердих сплавів. Слід ураховувати властивості оброблюваного матеріалу й відповідно застосовувати той або інший різальний інструмент, забезпечивши необхідні кути заточення й режими обробки. Отвори в деталях з полімерів після свердління трохи звужуються. Тому свердла й мітчики слід вибирати на 0,5...0,15 мм більше необхідного по кресленню діаметра отвору або різьблення.

Шліфування полімерів виконують на наждакових полотнах і абразивними кругами на шліфувальних верстатах зі швидкістю 25...40 м/с. Рекомендується застосовувати кола діаметром 300...500 мм, товщиною 8...9 см. Ці кола

змазуються пастою з тонкоподрібненої пемзи з водою. Шліфування ведуть при легкому натиску з рівномірним пересуванням деталі, уникаючи нагрівання. Для шліфування затверділих композицій застосовують білий електрокорунд із зернистістю 46 і твердістю СМ–1. Глибина різання 0,5 мм, швидкість переміщення деталі 0,5 м/хв., колова швидкість 35 м/с.

За допомогою технології ХМЗ можна успішно зашпаровувати тріщини на поверхнях деталей машин. Розрізняють короткі (до 150 мм) і довгі (більше 150 мм) тріщини, а також тріщини на тонколистових і товстостінних деталях. Застосовується декілька способів закладення тріщин. Операції по закладенню тріщин виконуються в такій послідовності:

– визначають границі тріщини за допомогою лупи 8...10 – кратного збільшення й просвердлюють по кінцях границі отвори діаметром 2...3 мм;

– знімають фаску під кутом 60° на глибину 2...3 мм уздовж тріщини по всій її довжині. Фаску з кутом 90...120° не рекомендується застосовувати. При довжині тріщин 30...50 мм фаску можна не знімати;

– зачищають поверхню на відстані 25...30 мм по обидві сторони тріщини до металевого блиску, для чого рекомендується використовувати обдирочно–шліфувальний верстат із гнучким валом або шліфувальні машини УПМ–1, И–44 або ПШМ–08–60, а також напилок, шабер тощо;

– очищена ділянка й тріщину знежирюють ацетоном за допомогою тампона або кисті. Знежирену ділянку сушать при температурі 20 °С протягом 5...10 хв.;

– композицію «Реком» наносять на підготовлену поверхню й ретельно її розтирають. Доцільно розташовувати поверхня деталі горизонтально;

– накладку зі склотканини розташовують так, щоб вона перекривала тріщину на 15...20 мм, і накочують її роликом або притискають шпателем для видалення пухирців повітря. Склотканинну накладку, попередньо очищену в киплячій воді протягом 2...3 год., знежирюють ацетоном. При довжині тріщин до 30 мм накладку можна не застосовувати;

– на склотканину наносять відповідну суміш композиції «Реком» рівним шаром;

– другий шар склотканини накладають так, щоб він перекривав по контуру перший на 5...10 мм;

– шар композиції «Реком» наносять, не допускаючи наявності не покритих композицією місць склотканинною накладкою. Кількість нанесених шарів склотканини залежить від довжини тріщини, однак недоцільно наносити більш трьох шарів. Потьоки композиції знімають шпателем.

Композиція твердне при кімнатній температурі або після застосування змішаного способу (спочатку при кімнатній температурі, а потім при температурі 80 °С). Час початку прогрівання повинний вибиратися таким, щоб забезпечилося часткове твердіння композиції. Ця умова виконується, якщо час від початку введення затверджувача до початку прогрівання більше, ніж час схоплювання. Час твердіння композиції Реком 30 хв. Не допускається різке нагрівання деталі відразу після нанесення композиції, тому що це приводить до

стікання композиції, отриманню нерівномірного її складу й недостатньо міцному склеюванню.

Після затвердіння зачищають патьоки й напливи суміші, перевіряють якість закладення тріщини зовнішнім оглядом. Відставання накладок від поверхні не допускається.

Деталь випробовують на гідравлічному стенді тиском води $2943 \cdot 10^2$ ...$3294 \cdot 10^2$ Па протягом 2 хв. Просочування води через забиту тріщину не допускається.

Деталі, що мають пробоїни, ремонтуються за допомогою композиції « Реком–Б» установкою спеціальних накладок. При невеликих пробоїнах (діаметром до 25 мм) накладки виготовляють зі склотканини при діаметрі тріщини більш 25 мм і плоских стінках деталі застосовують металеві пластини. При невеликих пробоїнах пластини можуть бути укріплені гвинтами або за допомогою додаткових свердлінь у стінці корпуса, куди проникає ремонтна композиція й після затвердіння забезпечує міцне закладення пробоїни.

Операції по нанесенню й затвердінню полімерних складів проводять аналогічним шляхом, як і випадку закладення тріщин на деталях. При закладенні більших пробоїн за допомогою металевих латок необхідно звертати увагу на щільність прилягання латок до деталі.

Контрольні запитання до розділу

1. Які існують способи відновлення деталей?
2. Яким чином проводиться вибір оптимального способу відновлення деталей?
3. Охарактеризуйте відновлення деталей металізацією.
4. Що таке газовогняне напилення?
5. У чому полягає суть електродугового напилення?
6. Що являє обою високочастотне напилення?
7. Як здійснюється плазмове напилення?
8. Які матеріали застосовуються при металізації?
9. Як відбувається оплавлення металізаційних покриттів, що працюють в контактних і ударних навантаженнях?
10. Що являє собою газовогняне нанесення порошкових матеріалів?
11. Охарактеризуйте технологічні процеси паяння й лудіння.
12. Надайте характеристику процесу пайки чавуну.
13. Які особливості пайки алюмінію?
14. Які існують припої й флюси?
15. Які є припої за температурою плавлення?
16. Надайте характеристику процесу покриття твердим зносостійким хромом.
17. Охарактеризуйте процес електролітичного покриття хромом.
18. Що являє собою технологічний процес нанесення покриття твердим хромом?
19. Що таке пористе хромування?

20. Які особливості технологічний процесу нанесення пористого хромування?
21. Назвіть основні експлуатаційні властивості покриттів твердим хромом.
22. Які особливості хромування на струмі змінної полярності?
23. Що являє собою хромування в холодному тетрахроматному електроліті?
24. Що таке хромування в проточному електроліті?
25. Що таке струменеве хромування?
26. Які особливості хромування в ультразвуковому полі?
27. Охарактеризуйте процес покриття твердим (зносостійким) залізом.
28. Назвіть експлуатаційні властивості електролітичних твердих залізних покриттів.
29. У чому суть технологічного процесу відновлення деталей машин залізненням?
30. Як відбувається покриття сплавами на основі заліза?
31. У чому суть процесу покриття твердим нікелем?
32. Що таке хімічне нікелювання?
33. Назвіть особливості відновлення деталей синтетичними матеріалами.
34. Як відбувається відновлення деталей за допомогою полімерних матеріалів?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Беззазорна оправка: патент на корисну модель 35060 Україна: МПК F16C 15/00. № 200805353; заявл. 24.04.2008; опубл. 26.08.2008, Бюл. № 16. 3 с.
2. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виготовлення заготовок. Львів : Світ, 1996. 368 с.
3. Верстат для розрізання гумово–металічних виробів: деклараційний патент на винахід 43106А Україна: 7B26D1/00. № 2001021165; заявл. 19.02.2001; опубл. 15.11.2001, Бюл. № 10. 4 с.
4. Гавриш А. П. Гибкие робототехнические системы : учебник для студ. техн. вузов обуч. по спец. «Робототехнические системы и комплексы», «Технология машиностроения и робототехнического производства». Киев: Высша школа, 1989. 407 с.
5. Гавриш А. П., Єфремов А. И. Автоматизация технологической подготовки машиностроительного производства. К. : Техніка, 1982. 215 с.
6. Гвинтова затискна спіраль: деклараційний патент на корисну модель 14593 Україна: МПК F16B 2/20. № 200511646; заявл. 07.12.2005; опубл. 15.05.2006, Бюл. № 5. 2 с.
7. Гвинтовий затискний патрон: патент на корисну модель 33529 Україна: МПК F16D 7/00. № 200802618; заявл. 28.02.2008; опубл. 25.06.2008, Бюл. № 12. 2 с.
8. Гвинтовий затискний пристрій: деклараційний патент на корисну модель 15686 Україна: МПК F15B 15/00. № 200600060; заявл. 03.01.2006; опубл. 17.07.2006, Бюл. № 7. 2 с.
9. Гевко Б. М., Гевко І. Б., Радик Д. Л., Матвійчук А. В. Технологія сільськогосподарського машинобудування : підручник. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2015. 418 с.
10. Гевко Б. М., Гевко І. Б. Управління процесом розробки і освоєння виробництва нових виробів: підручник. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2015. 199 с.
11. Гевко Б. М., Матвійчук А. В., Артюхов А. В., Павельчук Ю. П. Теоретичні основи машинобудування : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Тернопіль : Крок, 2011. 204 с.
12. Гевко І. Б., Оксентюк А. О., Галущак М. П. Організація виробництва: теорія і практика: підручник. К.: Кондор, 2008. 178 с.
13. Гевко Б. М., Гевко І. Б., Радик Д. Л. Технологія сільсько–господарського машинобудування: підручник. К. : Кондор, 2006. 496 с.
14. Гевко І. Б. Організація технологічних процесів в галузях промисловості: підручник. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2015. 398 с.
15. Дячун А. Є., Паливода Ю. Є., Гевко І. Б. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин: конспект лекцій. Том 1 / для студентів усіх форм навчання освітньо–кваліфікаційного рівня «бакалавр» за напрямом 6.050502 Інженерна механіка з професійною орієнтацією на спеціальності 7.05050201, та 8.05050201 «Технологія машинобудування». Тернопіль : ТНТУ, 2015. 118 с.

16. Дячун А. Є., Паливода Ю. Є., Гевко І. Б. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин: конспект лекцій. Том 2 / для студентів усіх форм навчання освітньо–кваліфікаційного рівня «бакалавр» за напрямом 6.050502 Інженерна механіка з професійною орієнтацією на спеціальності 7.05050201, та 8.05050201 «Технологія машинобудування». Тернопіль : ТНТУ, 2015. 110 с.

17. Епифанов Л. И. Технологическое обслуживание и ремонт авто–мобилей. М. : Форум–Инфра, 2001. 348 с.

18. Захаркін О. У. Технологічні основи машинобудування : навчально–методичний посібник. Суми: Вид–во СумДУ, 2004. 98 с.

19. Зуев А. А., Гуревич Д. Ф. Технология сельскохозяйственного машиностроения. М. : Колос, 1980. 256 с.

20. Індуктор для гартування деталей типу «тіл обертання»: патент на корисну модель 20284 Україна: МПК C21D 1/09. № 200608191; заявл. 21.07.2006; опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1. 3 с.

21. Кальченко В. І., Кальченко В. В., Венжега В. І. Відновлення деталей автомобілів: навчальний посібник. Чернігів : ЧНТУ, 2013. 192 с.

22. Картавов С. А. Технология машиностроения. К. : Высшая школа, 1984. 212 с.

23. Кіяновський М. В., Цивінда Н. І. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхонь деталей у машинобудуванні : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Кривий Ріг : КТУ, 2011. 412 с.

24. Кіяновський М. В., Цивінда Н. І., Цівко Ф. В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва : навч. посіб. для вищ. навч. закл. Кривий Ріг : КТУ, 2008. 299 с.

25. Ковалевський С. В., Онищук С. Г., Борисенко Ю. Б. Теоретичні основи технології виробництва деталей і складання машин у важкому машинобудуванні : навч. посіб. Краматорськ : ДДМА, 2013. 179 с.

26. Коваленко А. В., Голтв´янський М. А. Конспект лекцій з дисциплін «Ремонт транспортних засобів», «Ремонт технічних засобів електричного транспорту». Частина ІІ (для студентів 4–5 курсів усіх форм навчання спеціальностей 7.092201 «Електричні системи і комплекси транспортних засобів», 6.092200 «Електричний транспорт»). Х. : ХНАМГ, 2009. 107 с.

27. Контрольний пристрій для заміру діаметра деталі з невизначеним центром: патент на корисну модель 54101 Україна: МПК G05B 5/00. № 201005324; заявл. 30.04.2010; опубл. 25.10.2010, Бюл. № 20. 2 с.

28. Контрольний пристрій для заміру співвісних отворів в корпусних деталях: патент на корисну модель 33740 Україна: МПК G01B 3/00. № 200802611; заявл. 28.02.2008; опубл. 10.07.2008, Бюл. № 13. 3 с.

29. Контрольний пристрій: патент на корисну модель 24991 Україна: МПК G01B 3/00. № 200701677; заявл. 19.02.2007; опубл. 25.07.2007, Бюл. № 11. 3 с.

30. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога машиностроителя: в 2–х томах. М. : Машиностроение, 1985. 656 с.

31. Крівцун І. В., Квасницький В. В., Максимов С. Ю., Єрмолаєв Г. В. Спеціальні способи зварювання : підручник. Миколаїв : НУК, 2017. 346 с.

32. Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. Оснастка для станков с ЧПУ : справочник. М. : Машиностроение, 1983. 360 с.

33. Кузнецов Ю. Н. Целевые механизмы станков–автоматов и станков с ЧПУ: учебное пособие. Часть 3. Киев, 2001. 353 с.

34. Курчаткин В. В. Надежность и ремонт машин. М.: Колос, 2000. 775 с.

35. Латыпов Р. А. Восстановление и упрочнение деталей сельскохо–зяйственной техники электроконтактной приваркой биметалли–ческих покрытий. *Журнал «Ремонт восстановление модернизация».* 2004. № 7. С. 26–27.

36. Линчевський П. А., Джугурян Т. Г., Оргиян А. А. Обработка деталей отделочно–расточных станках. К. : Техніка, 2001. 301 с.

37. Логинов П. К., Ретюнский О. Ю. Способы и технологические процессы восстановления изношенных деталей: учебное пособие. Томск : Изд–во Томского политехническо–го университета, 2010. 217 с.

38. Маліцький І. Ф. Технологія машинобудування: навч. посібник для машинобуд. спец. Х. : Точка, 2011. 153 с.

39. Маліцький І. Ф. Технологія машинобудування: навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів напряму підготовки «Професійна освіта». Ч. 2: Основи технології та технологічних процесів механообробки / І. Ф. Маліцький, та ін. Х. : НТМТ, 2013. 230 с.

40. Матвійчук О. А. Технологія контактного зварювання. Рівне : Рівненський професійний ліцей, 2013. 11 с.

41. Медвідь В. М., Шабайкович В. А. Технологічні основи технології машинобудування. Львів : Вища школа, 1976. 300 с.

42. Мельничук П. П., Боровик А. І., Лінчевський П. А., Петраков Ю. В. Технологія машинобудування: підручник. Житомир : ЖДТУ, 2005. 882 с.

43. Михайлов В. М., Бабкіна І. В., Ляшенко Б. В. Технологічні основи машинобудування: навч. посіб. у 2 ч. – Х. : ХДУХТ, 2010. 233 с.

44. Мікрометричний нутромір: деклараційний патент на корисну модель 12008 Україна: МПК G01B 3/20 E21D 1/00. № 200507230; заявл. 20.07.2005; опубл. 16.01.2006, Бюл. № 1. 3 с.

45. Направляюча пара тертя штампу: деклараційний патент на винахід 45227А Україна: 7 B21D37/00. № 2001074542; заявл. 02.07.2001; опубл. 15.03.2002, Бюл. № 33. 2 с.

46. Нарізний механізм: деклараційний патент на винахід 43105А Україна: 7F16B33/00. № 2001021164; заявл. 19.02.2001; опубл. 15.11.2001, Бюл. № 10. 3 с.

47. Оправка з гвинтовою затискною пружиною: деклараційний патент на винахід 40988А Україна: 7B23B13/00. № 2000127432; заявл. 22.12.2000; опубл. 15.08.2001, Бюл. № 7. 2 с.

48. Паливода Ю. Є., Капаціла Ю. Б., Ткаченко І. Г., Гевко І. Б. Технологія оброблення корпусних деталей: навчальний посібник / для студентів напрямку

підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» з професійною орієнтацією на спеціальності 7.05050201, та 8.05050201 «Технологія машинобудування». Тернопіль : ТНТУ, 2015. 152 с.

49. Пара тертя: деклараційний патент на винахід 44187А Україна: 7B21D37/00. № 2001074541; заявл. 02.07.2001; опубл. 15.01.2002, Бюл. № 1. 2 с.

50. Патрон гвинтовий затискний: патент на корисну модель 45065 Україна: МПК F16D 7/00. № 200904865; заявл. 18.05.2009; опубл. 26.10.2009, Бюл. № 20. 3 с.

51. Патрон для затиску тонкостінних втулок: деклараційний патент на корисну модель 16500 Україна: МПК B23B 31/02. № 200601165; заявл. 06.02.2006; опубл. 15.08.2006, Бюл. № 8. 3 с.

52. Патрон з шнековим затиском і пневматичним приводом: деклараційний патент на корисну модель 15685 Україна: МПК B23B 31/02. № 2006 00059; заявл. 03.01.2006; опубл. 17.07.2006, Бюл. № 7. 2 с.

53. Петраков Ю. В. Теорія автоматичного управління в металообробці. К. : КПІ, 1994. 212 с.

54. Привідний механізм з мікрометричним регулятором: патент на корисну модель 33222 Україна: МПК F16D 43/00. № 200802185; заявл. 20.02.2008; опубл.10.06.2008, Бюл. № 11. 2 с.

55. Пристрій для відновлення характеристик гвинтових пружин: деклараційний патент на винахід 66506А Україна: 7 B21D11/06. № 2003076072; заявл. 01.07.2003; опубл. 17.05.2004, Бюл. № 5. 2 с.

56. Пристрій для виготовлення П–подібних ободів: деклараційний патент на винахід 65123А Україна: 7 B21D11/06. № 2003065189; заявл. 05.06.2003; опубл. 15.03.2004, Бюл. № 3. 3 с.

57. Пристрій для заміру величини кута криволінійної осі: деклараційний патент на винахід 43200А Україна: 7 G01B5/24. № 2001042262; заявл. 05.04.2001; опубл. 15.11.2001, Бюл. № 10. 4 с.

58. Пристрій для заміру сили тертя сипких матеріалів на контактних поверхнях: деклараційний патент на винахід 67260А: Україна: 7 G01N19/02. № 2003087709; заявл. 14.08.2003; опубл. 15.06.2004, Бюл. № 6. 3 с.

59. Пристрій для розточування кільцевих канавок: деклараційний патент на винахід 43097А Україна: 7 B23B5/14. № 2001021142; заявл. 19.02.2001; опубл. 15.11.2001, Бюл. № 10. 3 с.

60. Пристрій для завальцювання кульок в напрямні: патент на корисну модель 50886 Україна: МПК B21D 39/00. № 200913761; заявл. 28.12.2009; опубл. 25.06.2010, Бюл. № 12. 3 с.

61. Пристрій для заміру силових параметрів при обробленні поверхонь обертання: патент на корисну модель 46140 Україна: МПК G01L 5/00. № 200906209; заявл. 15.06.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23. 3 с.

62. Пристрій для контролю внутрішніх шліцевих поверхонь: патент на корисну модель 24953 Україна: МПК G01B 11/22. № 200701034; заявл. 01.02.2007; опубл. 25.07.2007, Бюл. № 11. 3 с.

63. Пристрій для контролю параметрів шліцьових валів: патент на корисну модель 23330 Україна: МПК G01B 3/20. № 200611132; заявл. 23.10.2006; опубл. 25.05.2007, Бюл. № 7. 2 с.

64. Пристрій для обробки напівкруглих шліцевих пазів: патент на корисну модель 22495 Україна: МПК B21C 37/15. № 200612266; заявл. 22.11.2006; опубл. 25.04.2007, Бюл. № 5. 2 с.

65. Пристрій для регулювання зазорів в передачі гвинт–гайка: патент на корисну модель 53937 Україна: МПК B23B 43/00. № 201004042; заявл. 06.04.2010; опубл. 25.10.2010, Бюл. № 20. 3 с.

66. Радик Д. Л., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик М. Д. Технологічні методи ремонтного відновлення деталей машин: навчальний посібник. Тернопіль : ТНТУ, 2014. 213 с.

67. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : навчальний посібник. Київ : Вища школа, 1993. 414 с.

68. Савуляк В. І., Осадчук А. Ю. Ручне електродугове зварювання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2004. 130 с.

69. Системи атоматизованого програмування верстатів з ЧПК : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / С. Л. Міранцов, В. І. Тулупов, С. Г. Онищук, Ю. Б. Борисенко, Є. В. Мішура. Краматорськ, 2012. 151 с.

70. Слипченко В. Г., Гавриш А. П., Пуховский Е. С. Автоматизация труда технолога–машиностроителя : справочное пособие. Киев : Тэхника, 1991. 112 с.

71. Спосіб відновлення підшипників кочення: патент на корисну модель 46250 Україна: МПК B23P 9/00. № 200907166; заявл. 09.07.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23. 3 с.

72. Спосіб для токарної обробки криволінійних осей і пристрій для його реалізації 47036A Україна: 7 B23B1/00. № 2001064405; заявл. 23.06.2001; опубл. 17.06.2002, Бюл. № 6. 3 с.

73. Спосіб токарної обробки криволінійних осей і пристрій для його здійснення: деклараційний патент на винахід 47035A Україна: 7 B23B1/00. № 2001064404; заявл. 23.06.2001; опубл. 17.06.2002, Бюл. № 6. 3 с.

74. Стенд для дослідження механічних систем приводів: патент на корисну модель 75956 Україна: МПК G01M 13/00. № 20120481; заявл. 03.04.2012; опубл. 25.12.2012, Бюл. № 24. 3 с.

75. Стенд для дослідження привідних пасів машин: патент на корисну модель 39308 Україна: МПК G01M 19/00. № 200809560; заявл. 21.07.2008; опубл. 25.02.2009, Бюл. № 4. 3 с.

76. Стенд для дослідження характеристик затискних патронів: патент на корисну модель 20308 Україна: МПК B65G 33/00. № 200608397; заявл. 26.07.2006; опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1. 2 с.

77. Стопорне шліцеве з’єднання: патент на корисну модель 44549 Україна: МПК F16B 33/00. № 200903533; заявл. 13.04.2009; опубл. 12.10.2009, Бюл. № 19. 2 с.

78. Сухенко Ю. Г., Бойко Ю. І., Дубинець О. І., Сухенко В. Ю. Технологія автомобілебудування : лабораторний практикум. К. : Університет «Україна», 2011. 162 с.

79. Технология автомобилестроения : учебник для вузов / А. Л. Карунин, Е. Н. Бузник, О. А. Дащенко и др. М. : Трикста, 2005. 624 с.

80. Технология машиностроения. Практикум : учеб. пособ. для студ. высш. учеб. заведений, которые обучаются по направлению подгот. «Инженерная механика» / Л Б. Шрон, В. Б. Богуцкий, С. М. Братан и др. Севастополь : СевНТУ, 2013. 246 с.

81. Технологія автоматизованого машинобудування / О. В. Якімов, В С. Гусарев, О. О. Якімов, Ф. В. Новіков, Г. В. Новіков, В. П. Ларшин. О. : ОГПУ, 1999. 402 с.

82. Технологія машинобудування. Дипломне проектування : Навч. посіб. / А. М. Зінченко, О. Д. Дєдов, К. П. Лавренчук, С. Ю. Стародубов, Ю. В. Піпкін. Алчевськ, 2004. 260 с.

83. Технологія машинобудування: навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів напряму підготовки «Професійна освіта». Ч. 1 : Основи технології та технологічних процесів механообробки / І. Ф. Маліцький та ін. Х. : НТМТ, 2013. 204 с.

84. Технологія машинобудування: посіб.–довід. для викон. кваліфікац. робіт студ. баз. напряму «Інженерна механіка» та спец. «Технологія машинобудування» / І. І. Юрчишин, Я. М. Литвиняк, І. Є. Грицай та ін.; за ред. І. І. Юрчишин. Львів : Нац. ун–т «Львів. політехніка», 2009. 526 с.

85. Технологія обробки на верстатах з ЧПК / Б. М. Гевко, А. В. Матвійчук, А. М.Артюхов, А. І. Пік, А. В. Гагалюк, Р. І. Лотоцький. Тернопіль : Крок, 2014. 131 с.

86. Типовые технологические процессы в тяжелом машиностроении : монография / С. В. Ковалевский, В. Т. Саункин, С. Г. Онищук, Г. С. Суков, А. И. Волошин. Краматорск, 2009. 124 с.

87. Цвєтков В. Д. Система автоматизации проектирования технологических процессов. М. : Машиностроение, 1972. 240 с.

88. Шнековий патрон з пневматичним приводом: деклараційний патент на корисну модель 16499 Україна: МПК B23B 31/02. № 200601164; заявл. 06.02.2006; опубл. 15.08.2006, Бюл. № 8. 3 с.

89. Штамп для складання шлангів високого тиску: деклараційний патент на винахід 56640A. Україна: 7 B21D37/00. № 2002086528; заявл. 06.08.2002; опубл. 15.05.2003, Бюл. № 5. 4 с.

90. Якімов О. В., Марчук В. І.,.Якімов О. О, Ларшин В. П. Технологія машино– та приладобудування. Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2005. 712 с.

91. http://autoconsulting.ua/article.php?sid=33095

92. http://obrobka.pp.ua/273–proces–gazovogo–zvaryuvannya.html

93. http://ukr–truck.com.ua/bosch_eps_815.html

94. http://ukr–truck.com.ua/stend_tk_1029.html

95. http://www.boschstandart.com.ua/services/komplexniy_osmotr/

96. http://www.stroitelstvo–new.ru/svarka/t/sborka–kuzovov–legkovyh–avtomobilei.shtml

97. https://5koleso.ru/articles/garazh/chto–mozhet–lazer–svarka–vw–polo–v–kaluge/

98. https://autom.com.ua
99. https://fastmb.ru/autonews/autonews_rus/3687–zavod–mersedes–v–podmoskove.html
100. https://prom.ua/ua/p1153631455–stend–dlya–razborki.html
101. https://steering.com.ua/ua/MS604
102. https://studfile.net/preview/5643874/
103. https://tverstroymash.ru/ru/production–ru
104. https://ua–instrument.com/uk/stend–razval–skhozhdeniya–3d–hawkeye–elite–hta–mb–td–omologirovannyy–mb–4–kh–kam–fiks–kolonna–po–winalign
105. https://www.autocentre.ua/opyt/tehnologii/zavod–ford–v–germanii–rekonstruktsiya–kachestva–268254.html
106. https://zvarka.info/elektrodugove–zvaryuvannya–najpopulyarnishyj–vyd–zvaryuvalnogo–proczesu/
107. Manufakturing Systems, An Introduction to The Technologies. D.J.WILLIAMS University Enginecring Department, Cambr: dge, HALSTED PRESS, John Wiley & Sons, New York. Toronto and OPEN UNIVERSITY PRES, Milton Keynes. Copirighg, 1988. p.208.

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

І.Б. Гевко, Р.М. Рогатинський, О.Л. Ляшук, В.З. Гудь,
М.Г. Левкович, М.Я. Сташків, М.Д. Сіправська

Основи технології виробництва та ремонту автомобілів

Навчальний посібник

Формат 60х90/16. Обл. вид. арк. 30,96 Тираж 300 прим. Зам. № 3422.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.
46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4226 від 08.12.11