

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

М. В. Пікула

**ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА
ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ**
Конспект лекцій

Навчально-методичний посібник

Рівне – 2024

УДК 656.071.8

ПЗ2

Рецензенти:

Хітров І. О., к.т.н., доцент кафедри транспортних технологій та технічного сервісу Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне;

Серілко Л. С., к.т.н., доцент кафедри теоретичної механіки, інженерної графіки та машинознавства Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне.

*Рекомендовано науково-методичною радою
Національного університету водного господарства
та природокористування.
Протокол № 9 від 05 червня 2023 р.*

Пікула М. В.

ПЗ2 Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Конспект лекцій : навч.-метод. посіб. [Електронне видання]. – Рівне : НУВГП, 2024. – 203 с.

ISBN 978-966-327-576-5

У навчально-методичному посібнику викладено навчальні матеріали за формою конспекту лекцій з дисципліни «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів».

Навчально-методичний посібник призначено для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт». Видання може бути корисним також для водіїв, механіків автосервісу, підприємців і менеджерів автомобільної галузі.

УДК 656.071.8

ISBN 978-966-327-576-5

© М.В. Пікула, 2024
© НУВГП, 2024

ЗМІСТ

	Передмова.....	4
<i>Лекція 1</i>	Основи виробництва автомобілів.....	6
<i>Лекція 2</i>	Заготовки для деталей машин.....	22
<i>Лекція 3</i>	Базування в автомобілебудуванні.....	32
<i>Лекція 4</i>	Точність механічної обробки.....	42
<i>Лекція 5</i>	Якість поверхні деталей машин.....	56
<i>Лекція 6</i>	Верстатні пристрої.....	65
<i>Лекція 7</i>	Зміна технічного стану автомобіля в процесі експлуатації.....	75
<i>Лекція 8</i>	Технологічний процес капітального ремонту.....	92
<i>Лекція 9</i>	Приймання автомобілів в ремонт і їх видача з ремонту.....	109
<i>Лекція 10</i>	Технологія розбиральних робіт.....	117
<i>Лекція 11</i>	Технологія мийно-очищувальних робіт.....	132
<i>Лекція 12</i>	Технологія дефектування.....	151
<i>Лекція 13</i>	Комплектування і складання машин.....	171
<i>Лекція 14</i>	Випробування агрегатів і машин.....	185
<i>Лекція 15</i>	Фарбування машин.....	195
	Рекомендована література.....	203

ПЕРЕДМОВА

Автомобільна промисловість багато в чому визначає рівень і темпи розвитку не лише автомобільного транспорту, а й всіх галузей промисловості та сільського господарства. Її роль у національній економіці країни надзвичайно велика. Наприклад, у США в сфері виробництва автомобілів і суміжних галузей, що поставляють сировину, матеріали і комплектувальні вироби, здійснюють технічне обслуговування і ремонт, займаються торгівлею автомобілів тощо працює кожен шостий працівник виробничої сфери. В Японії, Німеччині, Італії, Франції на долю автомобілебудування припадає до 8–10 відсотків загального обсягу промислового виробництва.

Технологія автомобілебудування – наука про виготовлення автомобілів необхідної якості у встановленій виробничою програмою кількості та в задані терміни при найменших витратах праці. Назва «технологія» походить від від грецьких слів *τεχνη* («техне») – майстерність, вміння і *λογος* («логос») - слово, наука.

Специфікою автомобілебудування є велика програма випуску продукції. Тому для нього типовим є застосування автоматизованих знарядь виробництва (верстатів-автоматів, верстатів з числовим програмним керуванням, промислових роботів, автоматичних ліній) та прогресивних технологічних методів, які характеризуються високою продуктивністю і якістю продукції.

Технологія ремонту автомобілів – це наука про проектування технологічних процесів ремонту автомобілів і ремонтних підприємств з певними техніко-економічними показниками. Хоча вона і тісно пов'язана з технологією автомобілебудування, але має особливості, які визначають специфіку технологічного процесу ремонту автомобілів порівняно з їх виготовленням:

1) виробництво автомобілів розпочинається з виготовлення заготовок, а ремонт - з розбирання;

2) вибір способів відновлення початкових властивостей деталей ґрунтується на точних уявленнях про стан автомобілів, що надходять у ремонт, характер спрацювань і дефектів деталей, їх поєднання і залишкову довговічність. Такі завдання розв'язують при дефектоскопії деталей розібраної машини;

3) технічні умови на складання нового автомобіля в основному визначаються технічними умовами на виготовлення деталей. Автомобілі ж у ремонтному виробництві здебільшого складають з деталей, які вже працювали (відновлених і придатних без ремонту) і за деякими параметрами відрізняються від нових. Тому кінцева ланка розмірного ланцюга змінюється в допустимих межах і технічні умови на складання відновленого автомобіля є специфічними;

4) процес відновлення деталей – це сукупність операцій, які повертають деталям їх початкову роботоздатність;

5) у ремонтному виробництві можлива модернізація автомобіля – усунення їх морального спрацювання з використанням технічних досягнень. Модернізація, одна з форм технічного прогресу, дає можливість при порівняно невеликих витратах удосконалити конструкцію раніше випущених автомобілів, підвищувати їх технічний рівень і подовжувати термін служби.

Лекція 1. ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА АВТОМОБІЛІВ

1.1. Історичні аспекти українського автомобілебудування

В Україні автомобілебудування ніколи не було високорозвиненим, зокрема щодо якості та асортименту продукції. Зараз у країні склалася чітка спеціалізація підприємств на випуск окремих типів машин. Виникнувши у промислових районах, де були більш сприятливі умови для організації виробництва, нині автомобілебудування розвивається і в інших економічних районах.

Однією з проблем галузі є випуск вітчизняних комплектувальних, які часто дорожчі за імпортні. Метал і гумотехнічні вироби іноді вигідніше купувати в країнах Європи чи Азії. Проте в Україні були створені заводи з виробництва окремих агрегатів («Моторсервіс» на Полтавщині, мелітопольський «АвтоЗАЗ-Мотор»), шин («Росава», Біла Церква) і акумуляторів.

1.1.1. Історія марки ЗАЗ

У 1863 році голландець Абрагам Кооп у місті Олександрівськ Єкатеринославської губернії (нині - Дніпропетровщина) відкрив завод з виготовлення сільгосптехніки. У 1908 році на відділенні заводу в Мелітополі почали випускати стаціонарні двигуни внутрішнього згоряння. Згодом завод перевели у Запоріжжя, він отримав назву «Комунар» і до кінця 1950-х років випускав сільгосптехніку.

У 1960 році завод почав виготовляти малолітражні автомобілі. Першу модель, ЗАЗ-965 завод практично незмінно випускав протягом восьми років. «Запорожець» мав форму і елементи конструкції італійського FIAT-600. Особливостями моделі були двохдверний чотиримісний кузов несучого типу, V-подібний двигун з повітряним охолодженням, незалежні підвіски всіх коліс.

У 1961 році конструктори заводу розробили ЗАЗ-966 (рис. 1.1), на базі якої випускали моделі ЗАЗ-966В (1965-71 рр.), ЗАЗ-968 (1971-75), ЗАЗ-968А (1974-80). Останньою модифікацією став ЗАЗ-968М (1979-94), який мав плоске днище і дорожній просвіт 203 мм (це забезпечувало високу прохідність), торсіонну передню підвіску, бездискові колеса, опалювач салону. Двигун, 4-циліндровий V-подібний з повітряним охолодженням, забезпечував потужність 42 к.с. і максимальну швидкість автомобіля 120 км/год. Невисока вартість обумовила широке поширення цієї автівки.

Майже третину усього виробництва ЗАЗу складав випуск спеціалізованих автомобілів для людей з обмеженими можливостями.

Конструктори створювали і перспективні моделі, які у серію не пішли. На базі ЗАЗ-966 було розроблено мінівантажівку ЗАЗ-970 (рис. 1.2) і повноприводний ЗАЗ-971 вантажопідйомністю 400 кг з двигуном потужністю 28 к.с. Ці моделі стали одними з перших у світі машин подібного класу, нині дуже популярних. На цій же базі було створено і шестимісні міні-мікроавтобуси ЗАЗ-970В і ЗАЗ-971В (рис. 1.3), попередники сучасних «мінівенів». Але призначення таких автомобілів тоді не зрозуміли. Керівникам заводу порекомендували зосередитися на випуску основних моделей, тому про експериментальні зразки, які пройшли випробування, з часом забули.

Ще у 60-их роках стало очевидно, що конструкція з заднім розташуванням двигуна застаріла. На ЗАЗі почали розробляти автомобілі з переднім розташуванням двигуна, і у 1973 році випустили перші екземпляри прототипу сучасного ЗАЗ-1102 (рис. 1.4). Згодом були створені прототипи з кузовами «хетчбек» і «седан» та повнопривідна малолітражка.



Рис. 1.1. ЗАЗ-966



Рис. 1.2. ЗАЗ-970



Рис. 1.3. ЗАЗ-971В



Рис. 1.4. Прототун ЗАЗ-1102

У серійне виробництво «Таврію» запустили аж у 1988 р., причому промислова модель була далеко не найкращим з того, що пропонували конструктори. Перші

«Таврії» мали трьохдверний кузов «хетчбек», двигун з рідинним охолодженням, розташований поперечно у передній частині кузова, та п'ятиступінчасту КПП. Пізніше були розроблені моделі «Славути» з кузовами «седан» (ЗАЗ-1103) і «хетчбек» (ЗАЗ-1105). Потужність двигуна – 60 к.с., витрата пального – до 8 л на 100 км.

У 1998 році, після підписання угоди з компанією Daewoo, на ЗАЗі розпочали виробництво автомобілів *Sense* і *Lanos* під назвою «ЗАЗ-Daewoo». З часом завод перейшов на складання автомобілів за ліцензіями відомих компаній (*Chevrolet*, *Chery*, *Opel*), випуск власних моделей постійно скорочувався.

1.1.2. Історія марки КрАЗ

У серпні 1945 року у Кременчуці заклали мостовий завод, який до середини 50-х років випускав мостові конструкції. У 1956 році його перепрофілювали в складальне підприємство «Комбайновий завод», на якому за два роки було випущено біля 11 тисяч комбайнів і іншої сільгосптехніки. А в 1958 році завод стає автомобільним – з виробництва великовантажних автомобілів.

Перші два автомобілі КрАЗ-222 були випущені в 1959 році, а ще через два роки продукція заводу експортувалася вже у 26 країн. Тоді це була одна з небагатьох у світі «будівельна» вантажівка, яка могла перетворюватися у тягач, автокран або екскаватор. Причому більшість моделей були повнопривідними.

Згодом завод отримав назву «АвтоКрАЗ» і за обсягами виробництва залишався визнаним лідером з випуску великовантажних автомобілів. Пік його продуктивності припав на 1986 рік, коли на «АвтоКрАЗі» зібрали більше 30-ти тисяч автомобілів. А у 2006 році з воріт заводу вийшов 800-тисячний автомобіль.

Модельний ряд заводу розділено на військову і цивільну техніку. У військову серію увійшли потужні

бортові вантажівки, тягачі, шасі для спеціалізованого устаткування та спецтехніка. Наприклад, бортовий КрАЗ-5133BE (рис. 1.5) має колісну формулу 4x4, двигун потужністю 330 к.с. і має вантажопідйомність 7 т.



Рис. 1.5. КрАЗ-5133 BE

Шасі цивільного сектору (самоскиди, вантажівки, тягачі, автокрани, бетонозмішувачі, лісовози) мають велику вантажопідйомність і високу прохідність.

1.1.3. Історія марки ЛуАЗ

25 серпня 1955 року у Луцьку ввели в експлуатацію авторемонтний завод, на якому також випускали запасні частини до ГАЗ-51 і ГАЗ-63, ремонтне устаткування. У 1959 році завод розпочав виготовляти автокранниці та авторефрижератори. Однак керівництво прагнуло до виробництва автомобілів. У січні 1965 року було створено бюро з розробки технічної документації на автомобіль ЗАЗ-969 (її створили в 1961 році у Запоріжжі), а вже у грудні наступного року зібрали перші 50 малолітражок ЗАЗ-969В. Тоді ж завод перейменували на автомобільний.

Основною моделлю тих часів був один з небагатьох у світі мікроджипів ЛуАЗ-969, який задумали в 1958 році у московському НАМІ. Попри великий шум, невисоку комфортність і малопотужний двигун, в автівках ЛуАЗ поєднувалося хороше співвідношення низької ціни і непоганої якості – на бездоріжжя всюдиходу не було рівних.

У 1979 році у серію запустили ЛуАЗ-969М (рис. 1.6), яка відрізнялася і зовнішньо, і іншими вдосконаленнями. Згодом на цій базі була створена і мікровантажівка ЛуАЗ-13021 (рис. 1.7).



Рис. 1.6. ЛуАЗ-969М



Рис. 1.7. ЛуАЗ-13021

Унікальним став військовий міні-всюдихід ЛуАЗ-967 (1962 р.) – польовий підвозчик боєприпасів і евакуатор поранених (рис. 1.8). Його особливістю була однакова пристосованість для лівостороннього і правостороннього руху – кермо розташовувалося посередині. Воно також могло опускатися, а сидіння водія – розкладатися, що дозволяло керувати всюдиходом лежачи, уникаючи при цьому обстрілу.



Рис. 1.8. ЛуАЗ-967

22 вересня 1982 року з конвеєра заводу зійшов 100-тисячний автомобіль. У 1990 рік на ЛуАЗі зібрали найбільше автомобілів – 16500. Надалі ж розпочався спад виробництва. У лютому 2000 року завод уклав угоду з концерном «Укрпромінвест» на складання моделей ВАЗ. На початку 2004 року ВАТ «ЛуАЗ» випустив 30-тисячний ВАЗ, а через чотири місяці – вже 45-тисячний. Згодом розпочалося складання різних модифікацій УАЗ, на деякий час відновився випуск автомобілів ЛуАЗ, та потім автовиробництво практично зупинилося.

1.1.3. Історія марки ЛАЗ

Днем заснування Львівського автобусного заводу вважається 21 травня 1945 року. Спочатку завод випускав одновісні причепи, автокрани та іншу продукцію. Наприкінці 1940-их років на ЛАЗі планували випускати автобуси ЗіС-155, однак ця перспектива не задовольняла керівництво заводу. І для створення власної моделі було закуплено кілька автобусів *Mercedes-Benz* і *Neoplan Bus*.

У лютому 1956 року був складений перший ЛАЗ-695 (рис. 1.9): 9-метровий, зі зварним кузовом, механічною КПП і двигуном ЗіЛ-124. Масове виробництво ЛАЗ-695 розпочалося у 1956 році (згодом випускалися модифікації ЛАЗ-695Б, ЛАЗ-695Е, ЛАЗ-695Ж та інші) і продовжувалося 46 років – аж до 2002 року, закінчуючи ЛАЗ-695Н. Стільки

серійно не випускалася жодна модель автобуса. Для прикладу, угорський *Ikarus-250* утримувався на конвеєрі 28 років (1971–1998).



Рис. 1.9. Автобус ЛАЗ-695

У 1958 році було зібрано тисячу автобусів ЛАЗ-695Б. Тоді ж туристичний ЛАЗ-697 завоював велику золоту медаль Всесвітньої виставки в Брюсселі. У 1961 році, було виготовлено перші моделі туристичних автобусів «Україна-1» і «Україна-2», згодом почали виробляти туристичний ЛАЗ-697Е з регульованими кріслами.

У 1974 році був випущений 100-тисячний автобус, а 1988 рік ознаменувався виготовленням найбільшої кількості автобусів за історію заводу – 14646.

У 1994 році було створено ВАТ «ЛАЗ» з контрольним пакетом акцій у власності Фонду держмайна України. Тоді ж розпочалося виробництво міжміських автобусів великого класу ЛАЗ-5207. Через рік модельний ряд поповнився 11 моделями – і принципово новими (класу «Лайнер-10»), і модифікаціями серійних машин.

У серпні 2003 зі складального цеху виїхав перший автобус серії НеоЛАЗ – півтораповерховий туристичний ЛАЗ-5208. Через рік були представлені моделі з низьким рівнем підлоги: міський – ЛАЗ-А183 «Сіті» і перонний – ЛАЗ-АХ183 «Аеропорт».

1.2. Виробничий процес в автомобілебудуванні

Виробничий процес – це сукупність дій людей і машин для перетворення матеріалів у готову продукцію [1]. Розглядають виробничий процес виготовлення заготовки, деталі, вузла чи автомобіля в цілому – якщо це готова продукція підприємства. При цьому виконують різноманітні технологічні процеси: одні з них служать для надання металу певних форм і розмірів (лиття чи обробка тиском), другі – зі зміною форми, розмірів і якості поверхонь деталей (механічна обробка) чи їх механічних властивостей (термічна обробка), треті – з наданням певного взаємозв'язку окремих деталей (складання).

Технологічний процес механічної обробки – це частина виробничого процесу, безпосередньо пов'язана зі зміною форми, розмірів і якості поверхонь деталей. А основною, неподільною будь-якого технологічного процесу є *технологічна операція* – закінчена частина технологічного процесу, яку виконують на одному робочому місці безупинно до переходу до обробки іншої деталі тієї ж партії. Технологічна операція є основною одиницею виробничого планування.

Технологічний перехід – це закінчена частина технологічної операції, яку виконують одними й тими ж засобами технологічного оснащення при постійних технологічних режимах і установах. Переходи виконують видаленням одного чи декількох шарів матеріалу за один чи декілька робочих ходів. Однократне переміщення інструменту відносно заготовки, яке супроводжується зміною її розмірів, якості та властивостей, і є закінченою частиною технологічного переходу, називають *робочим ходом*. Однократне переміщення інструменту відносно заготовки, необхідне для робочого ходу, але яке не супроводжується видаленням шару металу, становить собою *допоміжний хід*.

Допоміжними переходами називають закінчені частини технологічної операції, які складаються з дій людини й устаткування і не супроводжуються зміною властивостей предметів праці (закріплення заготовки, зміна інструменту).

Частину технологічної операції, яку виконують при незмінному закріпленні заготовки, називають *установом*. Він може включати одну чи більше *позицій* – фіксованих положень, які може займати незмінно закріплена заготовка разом з пристроєм відносно різального інструмента при виконанні певної частини операції.

Сукупність знарядь виробництва для здійснення технологічного процесу називають *засобами технологічного оснащення*. Вони включають *технологічне устаткування* (знаряддя виробництва, в які для виконання частини технологічного процесу поміщають матеріали (заготовки) та засоби дії на них – металорізальні верстати, преси, стенди) та *технологічне спорядження* (знаряддя виробництва, які доповнюють технологічне устаткування для виконання технологічного процесу – різальні інструменти, штампи, пристрої, моделі).

Об'єктом будь-якого виробництва є *виріб* – предмет чи набір предметів виробництва, які виготовляються на підприємстві. В автомобілебудуванні виробами є автомобілі, агрегати та деталі. Залежно від наявності складових частин виробу поділяють на *неспецифіковані* (деталі) та *специфіковані* (складальні одиниці, комплекси, комплекти) [1].

Деталь – це виріб, виготовлений з однорідного за найменуванням і маркою матеріалу без застосування складальних операцій (вал, шестерня, важіль). Дві і більше деталей, з'єднані між собою за допомогою складальних операцій (згвинчування, зварювання тощо), утворюють *складальну одиницю (або вузол)*. *Комплекс* – два і більше

специфіковані вироби, не з'єднані на заводі-виробнику, які призначені для виконання спільних експлуатаційних функцій. *Комплект* – два чи більше виробів, не з'єднаних на заводі складальними операціями, які мають спільне експлуатаційне призначення допоміжного характеру (наприклад, комплект запасних частин, комплект інструментів).

Однією з основних характеристик виробництва є *коефіцієнт закріплення операцій* – відношення числа всіх технологічних операцій (O), які виконуються протягом місяця, до числа робочих місць (PM), на яких ці операції виконуються:

$$K_{z.o} = O/P. \quad (1.1)$$

Залежно від номенклатури, регулярності і обсягу випуску продукції розрізняють три типи виробництва: *одиничне, серійне, масове* [1].

Одиничне виробництво характеризується незначним обсягом випуску однакових виробів ($n=1 \dots 5$ шт), повторне виготовлення яких, як правило, не передбачено. Його ознаками є універсальність устаткування і спорядження та висока кваліфікація працівників.

Серійне виробництво характеризується виготовленням виробів періодично повторюваними партіями. Залежно від числа виробів у партії і значення $K_{z.o}$ розрізняють *малосерійне* ($20 < K_{z.o} < 40$), *середньосерійне* ($10 < K_{z.o} < 20$) і *великосерійне* ($1 < K_{z.o} < 10$) виробництва. Ознаками цього типу виробництва є поєднання універсального устаткування із спеціалізованими й агрегатними верстатами; поєднання універсального технологічного спорядження зі спеціальними пристроями; нижчою (у порівнянні з одиничним виробництвом) кваліфікація працівників

Масове виробництво ($K_{z.o}=1$) характеризується великим обсягом випуску виробів, які безперервно

виготовляють тривалий час і протягом нього на більшості робочих місць виконується одна робоча операція. Ознаками масового виробництва є широке використання спеціальних і спеціалізованих верстатів, верстатів-автоматів і напівавтоматів, автоматичних ліній, автоматичних і механізованих пристроїв, відносно низькою кваліфікацією працівників.

Важливою характеристикою серійного та масового виробництва є спосіб розташування устаткування у цехах і дільницях, що характеризує форму спеціалізації та організаційну форму виробництва. Розрізняють технологічну та предметну форми спеціалізації (технологічну та предметну організаційні форми виробництва).

При *технологічній* формі в цеху чи на дільниці виконують однорідні технологічні процеси, наприклад виготовлення заготовок, їх обробка, складання вузлів - відповідно ливарні, ковальські, механічні, складальні та інші цехи та дільниці. Може відбуватися і поглиблення технологічної спеціалізації за типами чи габаритами устаткування чи іншими ознаками. Так, у ливарних цехах можуть бути дільниці для чавунного, сталюого чи кольорового литва. У механічних цехах прикладами застосування технологічної спеціалізації є розташування устаткування за типами верстатів (наприклад, дільниці токарних, фрезерних чи інших верстатів).

При *предметній* формі цехи та дільниці спеціалізуються у виготовленні одного чи кількох однорідних виробів (предметів), тому устаткування розташовують залежно від процесів, які виконують. Предметну форму здійснюють на дільницях, де концентрують виготовлення окремих деталей (наприклад, дільниця поршнів).

У серійному та масовому виробництвах широко

застосовують *потокову організацію виробництва*, при якій засоби технологічного оснащення розміщують у послідовності виконання операцій технологічного процесу. Якщо тривалість операцій на всіх робочих місцях однакова чи майже однакова, то всі заготовки, поступаючи з одного робочого місця на інше, утворюватимуть один безперервний потік. Це зменшує виробничі площі, скорочує виробничий цикл і підвищує продуктивність праці. Для передачі предмета праці з одного робочого місця на інше застосовують спеціальний міжопераційний транспорт – конвеєри, кран-балки, колійні візки.

1.3. Структура автомобільного заводу

Автомобільний завод – це територія разом з розміщеними на ній спорудами, в яких здійснюють всі частини виробничого процесу. Склад цехів і служб підприємства і зв'язки між ними визначають *виробничу структуру*. Її елементарною одиницею є *робоче місце*, на якому розміщуються виконавці робіт, засоби технологічного оснащення, предмети праці тощо.

Сукупність групи робочих місць, організованих за предметним, технологічним чи предметно-технологічним принципом, утворює *виробничу дільницю*, якою керує майстер. Сукупність виробничих дільниць утворює *цех*, яким керує начальник цеху.

Виробнича структура залежить від номенклатури виробів, що випускає завод, його спеціалізації та кооперування з іншими підприємствами. Наприклад, якщо завод купує в інших заводів виливки, в його структурі може не бути ливарного цеху.

Структура заводу включає основні та допоміжні цехи, обслуговувальні господарства та служби.

В *основних* цехах здійснюють основні етапи виробничого процесу: виготовлення заготовок, їх обробка,

складальні роботи, регулювання і випробування автомобілів, фарбування. До основних цехів відносять:

- заготівельні, у яких виготовляють заготовки деталей
- ливарний, ковальський, пресовий, розкроювання;
- оброблювальні (механічний, термічний, іноді – деревообробний);
- складальні (механоскладальний, зварювальний).

Допоміжними цехами є інструментальний (у ньому виготовляють нестандартні пристрої та інструменти), модельний (виготовляють ливарні моделі), ремонтно-механічний, електротехнічний, ремонтно-будівельний, енергетичний. До складу *обслуговувальних господарств* входять транспортне, складське, центральна заводська лабораторія. У структурі заводу є служба охорони та служби обслуговування працівників (лікувальні та торгівельні пункти тощо).

1.4. Типізація деталей

Скоротити розмаїтість технологічних процесів виготовлення однакових чи близьких за конфігурацією і розмірами деталей дозволяє їх *типізація* – створення принципів технологічних процесів виготовлення деталей певного класу, які служать основою для проектування в різних виробничих умовах оптимального технологічного процесу виготовлення будь-якої деталі.

Типізація базується на класифікації деталей – об'єднанні в групи та класи деталей, близьких за конструкцією, розмірами та спільністю технологічного процесу виготовлення, яка здійснюється за різними параметрами. Наприклад, на поділі деталей машин за конструктивною формою. Деталі розділено на шість класів: корпусні деталі (I клас), круглі стержні (II клас), порожнисті циліндри (III клас), диски (IV клас), некруглі стержні (V клас), кріпильні деталі (VI клас).

Корпусні деталі (блоки циліндрів, картери, кришки тощо) служать для розміщення вузлів і деталей. Їх конструктивна особливість – коробчаста форма. Такі деталі мають велику питому вагу не тільки кількісно, але й за трудомісткістю і собівартістю виготовлення. Корпусні деталі відрізняються складною формою і відсутністю поверхонь, які б могли служити базами при встановленні у пристроях. Тому транспортування і обробку заготовок цих деталей часто виконують у супутниках – спеціальних пристроях. Встановлювальними базами, як правило, є площина і два точних технологічних отвори. Бази незмінні протягом усієї обробки, що забезпечує високу точність і дозволяє використовувати на всіх операціях пристрої однакової конструкції.

Заготовки корпусних деталей виливають з чавунів або алюмінієвих сплавів, іноді використовують сталіні штамповарні заготовки.

Круглі стержні – деталі циліндричної форми, довжина яких значно перевищує основний діаметр: гладкі, ступінчасті, колінчасті та розподільні вали, вали з вінцями, хрестовини карданних валів, клапани, поворотні кулаки тощо. Більшість таких деталей виготовляють за єдиною технологічною схемою, хоча обробка різних деталей має відмінності. Так, виготовлення колінчастого вала відрізняється обробкою шатунних шийок, а розподільного - кулачків. Але основною особливістю виготовлення круглих стержнів є обробка при обертанні заготовки у центрах.

Порожністі циліндри – деталі обертання з циліндричною зовнішньою чи внутрішньою формою: гальмівні барабани, поршні, поршневі пальці, втулки, чашки сателітів диференціала, маточини коліс тощо. Їх конструктивною особливістю є наявність кількох концентрично розташованих порожнистих циліндрів і відношення найбільшого зовнішнього діаметра D до висоти

$H: H=(0,5...2,4)D$. Для таких деталей характерна обробка циліндричних зовнішніх і внутрішніх поверхонь при обертанні деталі. Іноді поверхні обробляють обертовими інструментами при нерухомій деталі (наприклад, розточування отворів у поршні під палець).

До *дисків* відносять деталі обертання, для яких $H<0,5D$. Ці деталі розділені на чотири типи: прості (шків, маховики, гальмівні барабани, диски тощо); циліндричні і конічні зубчасті колеса; кільця підшипників; поршневі кільця. Такі деталі мають центральний отвір циліндричної, конічної форми чи зі шліцами. У багатьох деталях є концентрично розташовані по колу отвори для кріпильних деталей. Основну обробку дисків різанням виконують при обертанні деталі. Проте типові схеми обробки різанням внаслідок конструктивної особливості деталей можуть мати деякі відмінності, наприклад – нарізування зубів коліс.

До *некруглих стержнів* відносять лонжерони, балки переднього моста, шатуни, важелі, гальмівні колодки тощо. Конструктивна особливість таких деталей полягає в тому, що їхній поперечний переріз має некруглу форму, а довжина перевищує ширину і висоту поперечного перерізу більше, ніж удвічі. За масою, формою і довжиною некруглі стержні розділяють на чотири групи:

- балки масою більше 20 кг, довжина – більше 800 мм;
- прями важелі (маса – 3–20 кг, довжина – 300–800 мм);
- криві важелі (маса – 1–3 кг, довжина – 150–300 мм);
- прості бруски (маса – до 1 кг, довжина – до 150 мм).

Кріпильні деталі – болти, гайки, шпильки, гвинти, сегментні шпонки тощо. Ці деталі за конструкцією різноманітні, але усі вони характеризуються малою масою (менше 0,8 кг), зовнішнім діаметром менше 50 мм і довжиною менше 150 мм.

Лекція 2. ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

2.1. Технологічні можливості методів виготовлення заготовок

Заготовки – це вироби, з яких зміною форми, розмірів, шорсткості поверхні та властивостей матеріалу отримують деталі. Виготовлення заготовок є одним з основних етапів машинобудівного виробництва, який безпосередньо впливає на витрату матеріалів, якість виробів, трудомісткість і собівартість [1].

Для виготовлення деталей застосовують такі заготовки:

- профілі постійного (круги, шестигранники тощо) та періодичного перерізу;
- штучні – виливки, поковки, штамповки, металокерамічні, пластмасові;
- комбіновані, які отримують з'єднанням окремих елементів.

На вибір виду заготовки та методу її отримання впливають матеріал деталі, її розміри та конфігурація, річний випуск деталей та інші фактори.

Розглянемо методи отримання і області застосування різних видів заготовок.

Литтям отримують заготовки різних розмірів простої і складної конфігурації практично зі всіх металів і сплавів. Механічні властивості заготовок значно залежать від умов кристалізації металу у формі.

Область застосування литих заготовок визначається різними факторами, зокрема – методом виготовлення:

1) *лиття у разові форми* застосовують для чорних, рідше – кольорових металів і сплавів в малосерійному виробництві;

2) *лиття в оболонкові форми* застосовують для отримання фасонних виливок з чорних і кольорових металів

і сплавів у серійному та масовому виробництві. Метод забезпечує високу точність виливка (до $IT\ 12$), низьку шорсткість поверхні ($R_z=20\text{...}10$ мкм), зменшує витрати формувальних сумішей (у 10–20 разів) і обсяг механічної обробки (на 40–50 відсотків);

3) *лиття за витоплюваними моделями* застосовують для отримання складних заготовок практично з будь-яких сплавів, причому подальша механічна обробка зводиться до мінімуму. Метод застосовують для виготовлення виливок високої точності (до $IT\ 11$) з низькою шорсткістю поверхні ($R_z=20\text{...}10$ мкм) у серійному та масовому виробництві. Недоліки – складність і трудомісткість;

4) *литтям у кокіль* можна отримувати у серійному та масовому виробництві дешеві і точні (до $IT\ 12$) заготовки з низькою шорсткістю (до $R_z=20$ мкм). Стійкість чавунного кокіля при виготовленні сталюого литва досягає 500 виливок, чавунного – 5000 виливок, а з кольорових сплавів – десятки тисяч виливок. Основний недолік – неможливість отримання тонкостінних виливок, ймовірність усадочних і термічних напруг;

5) *литтям під тиском* отримують заготовки з товщиною стінки до 0,5 мм, точністю розмірів до $IT\ 9$ і шорсткістю до $R_z=10$ мкм. Основний недолік методу – складність і висока вартість прес-форми, її невисока стійкість при виготовленні виливок з сплавів, які мають високу температуру плавлення (наприклад, сталюих). Тому литтям під тиском виготовляють складні виливки масою від кількох грамів до кількох десятків кілограмів з сплавів кольорових металів;

6) *відцентрове лиття* застосовують у серійному та масовому виробництві для отримання виробів типу тіл обертання (труби, заготовки втулок, зубчастих коліс) з чорних і кольорових металів і сплавів. Недоліки методу – неточність розмірів і невисока якість внутрішньої поверхні

виливка, можливість тріщин, складність отримання виливок зі сплавів, схильних до ліквації.

Обробкою тиском отримують машинобудівні профілі, ковані і штамповані заготовки.

Машинобудівні профілі виготовляють прокатуванням, пресуванням і волочінням, що дозволяє отримувати заготовки, наближені за поперечним перерізом до готової деталі.

Прокатуванням отримують вироби, які повністю чи максимально наближено відтворюють заданий поперечний переріз деталі. Широко використовують круглий, шестигранний, листовий прокат, безшовні труби, а також періодичний профільний прокат. Прокат випускають гарячекатаним і холоднотягнутим.

Пресуванням виготовляють профілі переважно з кольорових металів і сплавів, рідше – з вуглецевих чи низьколегованих сталей.

Волочінням виготовляють прутки діаметром 5–150 мм, труби діаметром 0,6–400 мм тощо. При калібруванні заготовок, отриманих волочінням, можна досягнути високої точності розмірів (до 7 квалітету) і мале значення шорсткості ($R_z=0,32$ мкм).

Кування на кувальних молотах та гідравлічних пресах застосовують для отримання в одиничному та серійному виробництві заготовок різних форм і розмірів масою до 250 т. Шорсткість поверхонь складає $R_z=320...80$ мкм, що вимагає великого обсягу подальшої механічної обробки. При виготовленні великої партії заготовок застосовують кування у відкритих чи закритих штампах. Це дозволяє отримувати заготовки середньої складності масою до 150 кг з припусками, на 15–20 відсотків меншими, ніж при куванні універсальними інструментами, і шорсткістю поверхні $R_z=80...40$ мкм.

Штампкуванням виготовляють заготовки, близькі за

розмірами та конфігурацією до готових деталей. Внутрішні порожнини таких заготовок мають просту конфігурацію, причому вони розміщуються у напрямі переміщення робочого органа штампа. Точність і якість штампованих заготовок іноді може перевищувати точність і якість виливок, отриманих спеціальними методами лиття. Штампування може здійснюватися у гарячому чи холодному стані металу у відкритих і закритих штампах, а також витисканням.

У порівнянні з куванням об'ємне штампування має такі переваги: виготовлення складніших заготовок з високою якістю поверхні ($R_z=80\text{...}20$ мкм, після холодного калібрування – $R_z=10\text{...}1,6$ мкм); менші допуски на розмір; зниження припусків у 2–3 рази; підвищення продуктивності праці. Недоліки: обмеження маси штамповок, додатковий відхід металу в облой (до 10–30 відсотків), більші зусилля деформування та висока вартість штампів.

Для виготовлення кріпильних деталей і деталей тіл обертання діаметром 1–30 мм застосовують *холодне висаджування* на автоматах, а для виготовлення заготовок ступінчастих тіл обертання діаметром до 90 мм – *кування на радіально-кувальних машинах*.

Механічні властивості кованих і штампованих заготовок значно вищі, ніж у виливків.

Комбіновані заготовки складені з окремих частин, виготовлених за різними технологічними процесами (штампування, лиття, прокатування), іноді – з різних матеріалів, і з'єднаних між собою, наприклад – зварюванням. Найчастіше використовують зварно-литі, зварно-штамповані та зварно-ковано-литі заготовки.

Застосування комбінованих заготовок доцільне тоді, коли виготовлення їх цільними пов'язано зі значними виробничими труднощами (наприклад, складність обробки) чи важкими умовами роботи. Такі заготовки дозволяють

використовувати в одній конструкції і різноманітні матеріали, які найвигідніше відповідають умовам роботи.

Виділяють такі типи зварних конструкцій: балки та колони; оболонки (різноманітні місткості); корпусні конструкції (рами автомобілів, елементи кузовів, кожухи тощо); деталі машин (масивні вали, колеса, корпуси редукторів, великі зубчасті колеса, шківни тощо).

Особливістю виготовлення зварних заготовок є те, що для зняття залишкових напруг їх перед механічною обробкою термічно обробляють.

Заготовки з пластмас останнім часом мають все більше застосування в автомобілебудуванні. З пластмас виготовляють крильчатки pomp, шківни, втулки, корпуси, бампери, кронштейни, підшипники ковзання, зубчасті колеса тощо. Такі заготовки виготовляють у металевих прес-формах пресуванням або литтям під тиском.

Пластичні маси – це неметалеві матеріали на основі високомолекулярних з'єднань – *полімерів*. Перевагами пластмас є низька густина, високі демпфуючі властивості, висока стійкість до агресивних середовищ, високі технологічні властивості, що полегшує виготовлення заготовок складної конфігурації з високою точністю. До недоліків відносять невисокі ударну в'язкість, міцність і теплостійкість, старіння.

За поведінкою при нагріванні пластмаси поділяють на дві групи:

- термореактивні (*реактопласти*), які при нагріванні спочатку переходять у в'язкий стан, а потім – у незворотні неплавкі і нерозчинні речовини (скловолокніти, прес-матеріали, текстоліти тощо);

- термопластичні (*термопласти*), які при нагріванні і охолодженні можуть багатократно переходити з твердого стану у в'язкий і навпаки (поліетилен, поліпропілен, фторопласт, целулоїд, капрон, полікарбонат, поліхлорвініл

тощо).

Виготовлення заготовок методами порошкової металургії включає в себе:

- підготовку вихідних порошків – металів, сплавів, металоїдів;

- пресування виробів у прес-формах;

- термічну обробку (спікання) пресованих виробів, яка й забезпечує їм остаточні властивості.

Іноді суміщають пресування зі спіканням, просочуванням пористого брикету рідким металом тощо.

Порошкова металургія дозволяє отримувати як матеріали, аналогічні за структурою і властивостями традиційним матеріалам, так і матеріали з абсолютно новими комплексами властивостей. При цьому можна поєднувати процеси отримання конструкційних матеріалів і формоутворення заготовок, які часто не потребують подальшої обробки або обробка незначна – шестерні, зірочки, кулачки, шайби, фланці, втулки, фрикційні деталі.

Перевагами порошкової металургії є можливість застосування матеріалів з різними властивостями; малі відходи у виробництві (не більше 5 відсотків); легкість автоматизації технологічних процесів. До недоліків відносять обмеженість розмірів і відносна простота форми виробу, а також залишкову пористість заготовок, яка не завжди дозволяє отримувати такі ж фізико-механічні властивості, як у виливок чи штамповок.

Залежно від умов експлуатації конструкційні порошкові матеріали поділяють на дві групи:

- матеріали, які замінюють конструкційні вуглецеві та леговані сталі, чавуни та кольорові сплави;

- матеріали з спеціальними властивостями (стійкі до зношення, інструментальні, жаростійкі, антифрикційні, фрикційні тощо).

2.2. Попередня обробка заготовок

Ця обробка служить для надання заготовкам такого виду та стану, при яких можлива їх обробка на верстатах. Характер операцій залежить від виду заготовки [1].

Попередня обробка *виливок* включає видалення ливникової системи, очищення поверхонь і (в окремих випадках) термічної обробки. Для середніх і великих заготовок застосовують гідроабразивне очищення, для дрібних – галтувальне та вібраційне. Видалення поверхневих нерівностей здійснюють за допомогою шліфувальних верстатів, абразивних машин, пневматичних зубил. Термічну обробку виконують для зняття внутрішніх напруг і покращення оброблюваності.

Попередня обробка *штамповок* полягає у видаленні облою (обрізанням чи прошиванням заготовок у спеціальних штампах), термічній обробці, очищенні поверхні від окалини і правленні (наданні заготовкам потрібної геометричної форми).

Попередня обробка *прокату* включає його правлення та розрізання на штучні заготовки. Для прокату діаметром до 8 мм застосовують правильно-відрізні автомати (точність правлення 0,5–0,7 мм/м). Правлення прокату діаметром до 100 мм виконують на правильно-калібрувальних верстатах (точність 0,5–0,9 мм/м) і пресах, а листовий прокат товщиною до 40 мм правлять на вальцях. Менш продуктивним є ручне правлення, наприклад, у центрах токарного верстата. Прокат на штучні заготовки розрізають на верстатах, пресах, абразивними кругами чи газовим струменем.

2.3. Вибір способу виготовлення заготовки

Вибрати заготовку – це визначити раціональний спосіб її виготовлення, матеріал, конструкцію, напуски та припуски на обробку різанням, розміри та їх відхилення,

вимоги до якості поверхонь тощо. Для реалізації цього конструкторсько-технологічного рішення використовують три принципи: технічний, економічний та організаційний.

Відповідно до *технічного* принципу проєктований процес виготовлення заготовки має забезпечити виконання вимог робочого креслення виробу (точність розмірів і форми поверхонь, їхнє взаємне розташування, матеріал і його властивості).

За *економічним* принципом виробу слід виготовляти з мінімальними витратами праці, для чого потрібно:

- заготовки за формою і розмірами мають наближатися до готових виробів;

- методи обробки заготовок повинні відповідати сучасним вимогам технології машинобудування;

- устаткування й спорядження мають бути високопродуктивними, а інструменти – стандартними та недефіцитними.

Відповідно до *організаційного* принципу виготовлення заготовок слід здійснювати в умовах, які забезпечують максимальну ефективність. Зокрема, форма організації всіх технологічних процесів виготовлення заготовок має відповідати заданому типу виробництва, а розташування цехів, дільниць і устаткування на них повинно сприяти безперервному виготовленню виробів.

З можливих варіантів виготовлення заготовки вибирають той, який найбільше відповідає заданому критерію оптимізації: вартості, якості виробу чи продуктивності праці. При однаковій продуктивності праці перевагу віддають варіантові з меншою вартістю, а за рівної вартості – більш продуктивному варіанту, але за умови обов'язкового забезпечення заданої якості виробів.

Спосіб виготовлення заготовок вибирають залежно від конструктивних параметрів деталі, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалу деталі, програми

випуску, виробничих можливостей та часу, відведеного для підготовки виробництва.

Вартість заготовок залежить від точності розмірів і якості поверхневого шару, що визначається вартістю технологічного оснащення.

Суттєво впливають на вартість заготовок властивості матеріалу. Так, сталі вилки дорожчі за чавунні, а вилки чи штамповки з легированих сталей дорожчі за такі ж заготовки з конструкційних сталей. Заготовки з одного й того ж матеріалу, виготовлені різними способами (литтям, куванням, штампуванням), різняться властивостями. Лиття зумовлює великозернисту, гаряче штампування – волокнисту, а кування – дрібнозернисту структуру металу. Холодна обробка тиском призводить до наклепування матеріалу, зварювання – до отримання неоднорідної структури металу у зварному шві та близькій до нього зоні.

Значний вплив на вартість заготовки має програма її випуску – більша програма забезпечує меншу вартість заготовок. Часто за заданою програмою випуску заготовок визначають доцільність способу їх виготовлення.

При виборі способу виготовлення заготовки потрібно враховувати і виробничі можливості підприємства (наявність відповідного устаткування та спорядження, виробничих площ, працівників належної кваліфікації тощо). Іноді вибір способу виготовлення заготовки вимагає організації нових виробничих процесів, що зумовлює потребу придбання нового технологічного оснащення або підготовки фахівців.

Важливим чинником, який впливає на вибір способу виготовлення заготовки, є обсяг її подальшої обробки. Він визначається значеннями припусків на обробку, ливарних або штампувальних ухилів, величиною і характером дефектних шарів тощо.

Послідовність вибору способу виготовлення

заготовки:

- визначення матеріалу і форми заготовки;
- аналіз можливості отримання заготовки з стандартних частин або сортаментів;
- вибір способу виготовлення заготовки та вибір устаткування;
- конструювання заготовки;
- проектування техпроцесу виготовлення заготовки;
- техніко-економічне обґрунтування.

Як правило, розробляють кілька альтернативних варіантів, з яких на основі техніко-економічного аналізу вибирають найбільш раціональний. Враховуючи, що визначення ціни вимагає детальної розробки процесу виготовлення заготовки та її подальшої обробки, нормування часу та інших розрахунків, часто для попереднього обґрунтування вибраних способів виготовлення заготовки ціну визначають наближено, використовуючи діючі прейскуранти на виливки, поковки, прокат тощо.

На основі досліджень і виробничого досвіду розроблено рекомендації для вибору способу виготовлення заготовок:

- *корпусні заготовки* закритої конструкції для всіх типів виробництва доцільно виготовляти литтям; корпусні заготовки відкритої конструкції для масового та серійного виробництва - литтям, для одиничного – зварюванням;
- *заготовки дисків, важелів, кришок, шестерень* тощо для масового та серійного виробництв отримують литтям, штампуванням, прокатуванням, для одиничного – литтям;
- *заготовки втулок і валів* з невеликою різницею діаметрів окремих поверхонь для всіх типів виробництва виготовляють з сортового прокату;
- *заготовки балок, кронштейнів, рам* для всіх типів виробництва отримують зварюванням з балкового прокату.

Лекція 3. БАЗУВАННЯ В АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ

3.1. Загальні положення

При механічній обробці заготовок розрізняють [1]:

- поверхні, які обробляють (на них діють різальні інструменти);
- поверхні, за допомогою яких визначають положення заготовки при обробці;
- поверхні, які контактують із затискними пристроями;
- поверхні, від яких вимірюють заданий розмір;
- вільні поверхні.

Для забезпечення певного положення заготовки у верстаті чи пристрої необхідно вирішити задачу *базування* заготовки, тобто надати їй потрібне положення відносно вибраної системи координат. Поверхню чи сукупність поверхонь, вісь, точку, які належать заготовці та використовуються для базування, називають *базою*. Розрізняють проектні, конструкторські, технологічні і вимірювальні бази.

Проектними називають бази, вибрані при проектуванні виробу чи технологічного процесу виготовлення цього виробу. При проектуванні виробу ці бази визначають розрахункове положення деталі відносно інших елементів виробу, а при проектуванні технологічного процесу - розрахункове положення заготовки відносно інших елементів технологічної системи (верстата, пристрою, інструмента). Проектні бази на кресленнях представляють у вигляді геометричних елементів (осі, площини симетрії, бісектриси кутів).

Конструкторськими називають бази, відносно яких розміщують елементи конструкції та задають розміри вузлів і деталей. Конструкторські бази є реальними

поверхніми елементів виробу і при складанні виробу поєднують конструкторські бази його елементів.

Технологічними називають бази, які використовують для визначення положення заготовки чи виробу в процесі їхнього виготовлення чи ремонту. При закріпленні заготовки у пристрої технологічними базами є її поверхні, які безпосередньо контактують з встановлювальними елементами пристрою. Якщо ж встановлення заготовки виконується з індивідуальним вивірнням, то використовують як розрахункові поверхні заготовки, так і геометричні лінії та точки, які проставляють на заготовці у вигляді розмічувальних рисок.

Розрізняють основні і допоміжні технологічні бази. *Основні* бази – це поверхні, які є невід’ємним елементом конструкції деталі і виконують певну роль при її роботі. Наприклад, отвір 1 і торець заготовки 2 (рис. 3.1, а), які використовуються і для базування при нарізуванні зубів, і для напрусовування на вал, є основними базами.

Допоміжні (штучні) технологічні бази – це поверхні, які спеціально створюють на деталях для технологічних цілей. Для роботи деталі у виробі вони не потрібні. Такими є центрувальні гнізда на валах, встановлювальні отвори на заготовках корпусних деталей (рис. 3.1, а), центрувальний поясок 1 і торець 2 юбки (рис. 3.1, б) тощо. Наприклад, поверхні 1 і 2 заготовки поршня обробляти не потрібно, але вони створені для того, щоб по них встановлювати поршень у пристрої.

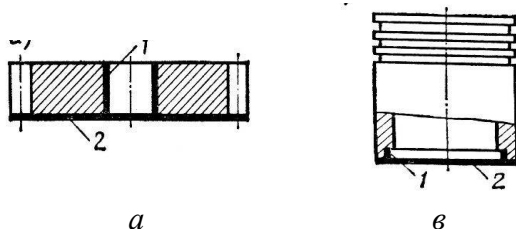


Рис. 3.1. Приклади технологічних баз

Найчастіше технологічними базами деталі є її поверхні. Такі бази називають *реальними* – на відміну від ліній і точок, які є *умовними* базами. Прикладом умовної бази є вісь втулки, яку роблять реальною, встановлюючи втулку на оправку з центрувальними отворами.

Вимірювальні бази використовують для відрахування розмірів при обробці заготовки чи для перевірки взаємного положення поверхонь деталі (елементів виробу). Так, при визначенні паралельності площини В (рис. 3.2) відносно площини А вимірювальною базою буде площина А.

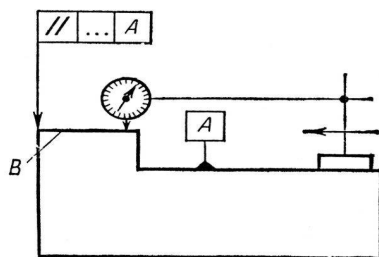


Рис. 3.2. Вимірювальна база

Необроблені поверхні заготовки, які використовують як бази у першій операції, називають *чорновими базами*, а оброблені поверхні, які використовують у другому і подальших установах (або операціях) – *чистовими*.

3.2. Визначеність технологічних баз

Залежно від того, як і які поверхні заготовки обробляють, може бути необхідною та чи інша визначеність положення заготовки при її встановленні у пристрої чи верстаті. Наприклад, якщо на заготовці потрібно фрезерувати поверхню, паралельну поверхні стола, то при встановленні заготовки не мають значення її невеликі зміщення вздовж або впоперек стола чи повороти навколо

осі, перпендикулярної до поверхні стола. Іншими словами, заготовка має три ступені вільності. Якщо на плоскій заготовці по всій довжині на певній відстані від бічної поверхні потрібно фрезерувати повздовжню канавку, то на якість обробки не матиме впливу деяке зміщення заготовки вздовж канавки. А ось поперечні зміщення вже будуть недопустимі, тобто заготовка може мати не більше однієї ступені вільності. Коли ж деталь повинна мати отвір у певному місці, то положення заготовки при її встановленні повинно бути повністю визначене і ніяких ступенів вільності їй залишати не можна.

Кожне вільне тверде тіло у просторі має шість ступенів вільності – три можливі переміщення вздовж та три можливі повороти навколо трьох осей координат. Підпираючи тіло опорою в одній точці, його позбавляють однієї ступені вільності. Для повного визначення положення тіла, тобто позбавлення всіх шести ступенів вільності, його необхідно і достатньо підперти в шести незалежних точках, розміщених на трьох різних поверхнях. Це *правило шести точок*, яке широко застосовується при базуванні деталей [1].

Розглянемо базування заготовки 1 (рис. 3.3), встановленої в пристрої 2 на шести опорах 3. Технологічними базами є поверхні *I, II, III*. При такій схемі базування у заготовці відсутні всі шість ступенів вільності і вона займає повністю визначене положення відносно системи координат.

Поверхню *I*, яка відбирає у заготовки три ступені вільності – переміщення вздовж осі *Z* і повороти навколо осей *X* та *Y*, називають *встановлювальною* базою. Поверхню *II*, яка відбирає у заготовки дві ступені вільності – переміщення вздовж однієї осі (*Y*) і поворот навколо іншої (*Z*), називають *напрямною* базою. Поверхню *III*, яка

позбавляє заготовку однієї степені вільності – переміщення вздовж однієї осі (X), називають *опорною* базою.

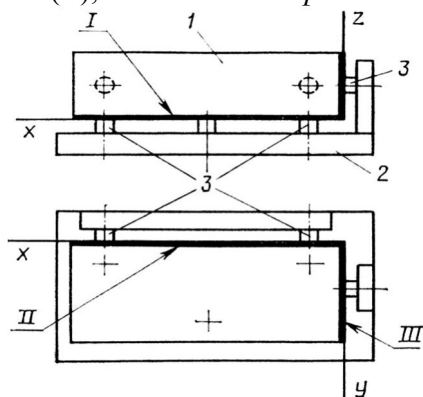


Рис. 3.3. Базы поверхні: I – основна; II – напрямна; III – опорна;
1 – деталь, 2 – пристрій, 3 – опори

Якщо опорних точок менше шести, то визначення положення заготовки є неповним – у неї може залишатися одна чи більше ступенів вільності. Якщо число опорних точок більше шести, то встановлення *перевизначене*. Воно може бути здійснено тільки за умови, що зайві точки будуть виконані у вигляді регульованих опор. Такі конструкції застосовують тоді, коли заготовка з незначною жорсткістю додатково підпирається, щоб запобігти її деформаціям від сил різання або затискання.

3.3. Похибка встановлення заготовок

Похибкою встановлення називають відхилення фактично досягнутого положення заготовки при встановленні від заданого [1].

При обробці різанням можливі два способи встановлення: у спеціальному пристрої без вивірення положення заготовки чи з індивідуальним вивіренням положення заготовки.

Індивідуальне вивірення кожної заготовки характерне

для одиничного виробництва і здійснюється безпосередньо по поверхнях заготовки або за розмічувальними рисками. У цьому випадку точність встановлення залежить від суб'єктивних факторів – від виконавця.

При встановленні заготовки у спеціальному пристрої похибка складається з похибки базування, похибки закріплення і похибки, викликані пристроєм.

Похибкою базування називають різницю граничних розмірів від вимірювальної бази заготовки до встановленого на розмір інструмента. На рис. 3.4 показано дві схеми базування для обробки поверхні в розмір 15 мм з допуском 0,3 мм. Вимірювальною базою є поверхня *A* (від неї відраховують розмір $15^{+0,3}$), а обробку здійснюють при встановленні фрези на розмір *C* (рис. 3.4, б), причому встановлювальною базою є поверхня *B*. При такій схемі базування положення вимірювальної бази для різних заготовок буде коліватись в межах допуску 0,2 мм на розмір 40 мм, тобто похибка базування дорівнює допуску на даний розмір ($E_{\delta}=0,2$ мм).

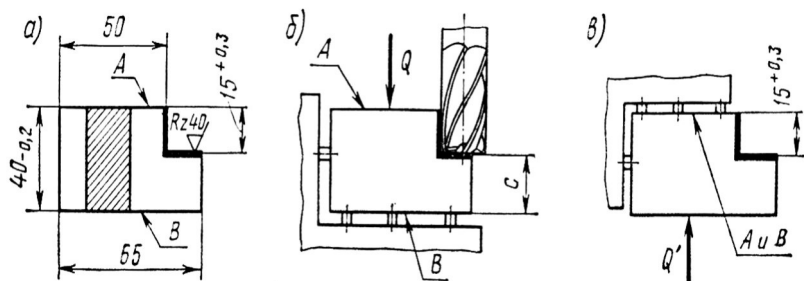


Рис. 3.4. Визначення похибки базування

Якщо сумістити вимірювальну базу *A* з встановлювальною технологічною базою *B* (рис. 3.4, в), то похибка дорівнюватиме нулю, тобто для виключення похибки базування необхідно сумістити вимірювальну та технологічну бази.

Похибка закріплення визначається коливаннями контактних деформацій елементів ланцюга, через які передається сила закріплення, і – в першу чергу – контактними деформаціями в місцях контакту заготовки з опорами. Характер і величина деформацій залежать від форми деталі, сил затискання і способу їх прикладання. Найбільш характерними є деформації стискання і згинання. А оскільки всі деформації звичайно не виходять за межі пружності, то заготовки, деформовані силами затискання і в такому стані оброблені, після обробки повертаються до початкового стану, утворюючи похибки розмірів і форми.

Зміщення в результаті контактних деформацій визначається як:

$$y = CQ \cos \alpha, \quad (3.1)$$

де C – коефіцієнт, який характеризує умови контакту (опора сферична, плоска чи з рифленнями), матеріал і твердість базової поверхні; Q – сила, яка діє на опору; α – кут між напрямом зміщення і напрямом заданого розміру.

При обробці партії заготовок значення C коливається в деяких межах (від C_{min} до C_{max}), що пов'язано з коливаннями твердості заготовок, їх шорсткості та інших факторів. Затискна сила Q також може змінюватися в межах від Q_{min} до Q_{max} , що в значній мірі залежить від конструкції затискного пристрою (рис. 3.5).

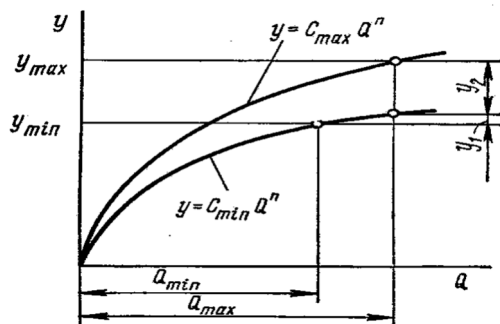


Рис. 3.5. Залежність $y=f(Q)$

Приймаючи можливі граничні значення C і Q , отримуємо деформації $y_{max}=C_{max}Q_{max}$ і $y_{min}=C_{min}Q_{min}$. Похибкою закріплення є різниця $y_{max} - y_{min}$. А оскільки складові похибки закріплення є випадковими величинами, тому їх додають за формулою:

$$E_3 = \sqrt{y_1^2 + y_2^2}, \quad (3.2)$$

причому $y_1=C_{min}(Q_{max} - Q_{min})$ і $y_2=(C_{max} - C_{min})Q_{max}$.

Похибки закріплення зменшують стабілізацією сил затискання, їх раціональним напрямом, підвищенням однорідності матеріалу заготовки та її поверхневого шару.

Похибка, зумовлена пристроєм, визначається неточністю виготовлення пристрою E_{np1} , його зношенням E_{np2} та неточністю встановлення пристрою на верстаті E_{np3} .

Пристрої виготовляють з певною точністю, що впливає на точність обробки заготовок. Так, на точність обробки впливають порушення прямолінійності та площинності напрямних поверхонь пристрою; непаралельність і неперпендикулярність напрямних осі пристрою; радіальне і торцьове биття обертових частин тощо.

При експлуатації пристрою відбувається зношення окремих частин (найчастіше затискних елементів) і порушення регулювання під дією сил різання і інших факторів, які змінюють розрахункові положення елементів пристроїв.

Однак навіть при правильному виготовленні пристрою можлива похибка його встановлення на верстаті. Так, патрон на шпиндель можна встановити з перекошенням, ділильну головку на фрезерному верстаті також важко встановити абсолютно точно. Це призводить до відхилень, а значить – до похибок.

Всі складові похибки, зумовленої пристроєм, є випадковими величинами, тому їх визначають за

формулою:

$$E_{np} = \sqrt{E_{np1}^2 + E_{np2}^2 + E_{np3}^2} . \quad (3.3)$$

В цілому, похибка встановлення дорівнює:

$$E_{\varepsilon} = \sqrt{E_{\sigma}^2 + E_{\varepsilon}^2 + E_{np}^2} . \quad (3.4)$$

3.4. Основні правила вибору технологічних баз

На основі досліджень і виробничого досвіду розроблено основні правила вибору технологічних баз. Так, при виборі чорнових баз потрібно керуватися такими правилами [1]:

1) для деталей, які не обробляють зі всіх сторін, за чорнові бази вибирають поверхні, які залишаються необробленими. Тоді оброблені поверхні матимуть мінімальні зміщення відносно необроблених. Так, при обробці заготовки поршня, за чорнову базу вибирають внутрішню поверхню, що забезпечує рівностінність деталі;

2) для деталей, які обробляють зі всіх сторін, за чорнові бази доцільно вибирати поверхні з найменшими припусками на обробку. Тоді ймовірність браку внаслідок чорноти, яка залишилась, найменша;

3) за чорнові бази потрібно вибирати рівні й чисті поверхні;

4) чорнову базу можна застосовувати тільки раз. Повторне встановлення по чорнових поверхнях недопустиме.

Основними правилами при виборі чистових є такі:

1) за чистові бази слід вибирати основні бази, тому що штучні підвищують вартість обробки;

2) за чистові бази треба вибирати поверхні, від яких задається допуск на розмір. Тоді похибка базування дорівнює нулеві;

3) за чистові бази потрібно вибирати поверхні, які

найменше деформуються під дією сил затискання та обробки;

4) коли можливо, при виборі чистових баз треба витримувати принцип їх єдності: всі точні поверхні деталей повинні оброблюватися при встановленні на одні й ті ж поверхні. Так, для корпусних деталей єдиною чистовою базою є, як правило, площина з двома отворами під встановлювальні пальці;

5) при виборі чистових баз рекомендується брати до уваги зручність встановлення заготовки, простоту та собівартість пристрою.

Лекція 4. ТОЧНІСТЬ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

4.1. Загальні положення

Точність вузла чи машини залежить від точності виготовлення деталей та точності їх складання у вузол.

Під *точністю* виготовлення деталі розуміють ступінь відповідності її параметрів усім вимогам робочого креслення, технічних умов і стандартів. Чим більша ця відповідність, тим вища точність виготовлення.

Точність деталі характеризують:

- допустимі відхилення дійсних розмірів від номінальних;
- допустимі відхилення геометричної форми деталі чи її окремих елементів (овальність, некруглість, конусність, неплощинність);
- допустимі відхилення поверхонь і осей деталі від їх взаємного розміщення чи розміщення відносно бази (відхилення міжцентрової віддалі двох отворів, відхилення базового торця відносно осі отвору тощо).
- точність маси деталі чи її дисбаланс;
- відповідність фізико-механічних властивостей матеріалу заданим вимогам.

Дійсні відхилення параметрів реальної деталі від заданих значень називають *похибкою виготовлення*. Різниця граничних відхилень заданих параметрів називається *допуском*. Допуски на деталь, вказані на кресленні, називають конструкторськими. Допуски на розміри заготовки, які необхідно витримати при виконанні технологічних операцій, називають *технологічними* або *операційними* [1].

Способи досягнення заданої точності деталей і точності їх з'єднання залежать від різних факторів, в першу чергу – типу виробництва. Наприклад, в одиничному виробництві точність деталей досягають методом пробних

стружок при обробці та індивідуального доводження при складанні. У серійному виробництві деталі обробляють на попередньо налагоджених верстатах, а складання тільки частково здійснюють за принципом повної або часткової взаємозамінності. У масовому виробництві широко застосовують складні налагодження верстатів, а складання вузлів відбувається переважно за принципом повної взаємозамінності.

Метод пробних ходів полягає в індивідуальному вивірненні встановленої на верстат заготовки, послідовному видаленні стружки шляхом пробних робочих ходів і вимірюванні отриманих розмірів. Скоректувавши за результатами вимірів положення різального інструмента, здійснюють заключну обробку поверхні. Цей метод трудомісткий, тому що вимагає багато часу на вивірнення заготовки та коректування положення різального інструмента, тому використовується в одиничному, іноді - в малосерійному виробництві.

Сутність *методу автоматичного отримання заданого розміру* полягає в тому, що партію заготовок обробляють на попередньо налагодженому верстаті з встановленням заготовки у пристрій без вивірнення її положення, а різальний інструмент встановлюється на певний розмір. Отримання заданого розміру досягається за один робочий хід. Метод високопродуктивний, але вимагає спеціальних пристроїв і стабільних за розмірами заготовок, тому застосовується у серійному та масовому виробництвах.

В обох випадках на точність обробки впливає суб'єктивний фактор – кваліфікація працівника: при першому методі він впливає на точність встановлення і вивірнення заготовки та на точність встановлення різального інструмента, а при другому – на точність встановлення інструменту та пристрою в процесі налагодження верстата

перед обробкою партії заготовок.

4.2. Взаємозв'язок точності та собівартості обробки

Розв'язуючи задачі, пов'язані з досягненням потрібної точності деталі при обробці, потрібно враховувати ще й продуктивність праці та собівартість продукції. При кожному методі обробки можна досягти різних значень точності, але собівартість однакових деталей, оброблених різними методами, буде різною. При виготовленні деталі з меншим допуском на розмір трудомісткість і собівартість зростають, що пояснюється збільшенням числа технологічних методів обробки. Тому розрізняють дві категорії точності:

- *досяжна* – найвища точність, яку можна досягти даним методом при використанні устаткування і інструментів у найкращому стані, незважаючи на кількість витрачених при цьому праці та засобів;

- *економічна* – точність, яку досягають в нормальних умовах праці на справному устаткуванні стандартним інструментом при нормальній кваліфікації робочої сили та при витратах часу і засобів, які не перевищують витрати для інших порівнюваних методів.

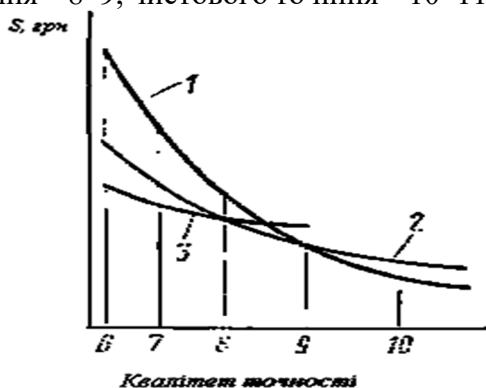
Кожному методу обробки властива своя економічна точність. Наприклад, кінцеву обробку шийки вала можна здійснювати двома методами – точінням або шліфуванням. Заданий допуск на розмір можна витримати і на токарному верстаті, але при цьому треба витратити більше праці і часу, ніж при обробці на шліфувальному верстаті. При цьому задана точність поверхні, яку обробляють на токарному верстаті, досяжна, але не економічна.

Середня економічна точність для кожного методу звичайно нижча максимальної технологічно досягнутої точності даним методом. Варто відзначити що середня економічна точність обробки з вдосконаленням технології

виробництва підвищується.

При виборі найбільш економічного методу обробки порівнюють кілька альтернативних варіантів [1]. Таке порівняння найкраще виконувати за допомогою графіків, на яких зображено характеристики різних методів обробки (рис. 4.1). З них видно, що середня економічна точність чистового шліфування відповідає 7–8 квалітетам, попереднього шліфування – 8–9, чистового точіння – 10–11.

Рис. 4.1. Порівняння методів обробки при виборі економічного методу досягнення точності при заданій величині допуску: крива 1 – чистове точіння; 2 – попереднє шліфування; 3 – чистове шліфування



4.3. Методи розрахунку точності механічної обробки

Для розрахунку точності механічної обробки використовують три методи:

1) *ймовірсно-статистичний* – при обробці великого числа заготовок (50 і більше). Експериментально вимірюють заданий параметр і методами математичної статистики виявляють точність досліджуваного процесу. Метод універсальний і дозволяє достовірно оцінювати та досліджувати точність обробки та складання. Але він вимагає проведення трудомістких експериментів, тому економічно доцільний у серійному та масовому виробництвах;

2) *розрахунково-аналітичний* – полягає в оцінці точності за емпіричними чи аналітичними формулами для конкретних умов технологічного процесу. Перевагою методу є врахування різноманітних явищ у процесі, який розглядають, з виявленням причин утворення похибок. Але відсутність необхідних розрахункових формул для різних процесів обмежує практичне застосування цього методу;

3) *розрахунково-статистичний метод* – ґрунтується на використанні переваг обох методів і дозволяє визначити похибку процесу, оцінюючи її окремі складові розрахунком чи статистичним методом.

4.4. Похибки механічної обробки

Причинами похибок при механічній обробці можуть бути різні фактори, зокрема:

1) похибки геометричного характеру, які виникають внаслідок неточностей кінематичних схем верстатів, неточностей основних деталей верстатів і їх взаємного розміщення або неточностей різальних інструментів;

2) похибки динамічного характеру, які виникають внаслідок сил різання;

3) похибки внаслідок деформацій системи «верстат-пристрій-інструмент-деталь» і температурні похибки;

4) похибки встановлення;

5) похибки налагодження верстата та інструменту на розмір;

6) похибки методів вимірювання і вимірювальних інструментів;

7) похибки від внутрішніх напруг у деталях.

Похибки механічної обробки формуються на всіх етапах технологічного процесу і поділяються на дві групи: похибки, які не залежать від навантаження, і похибки, які залежать від навантаження.

4.4.1. Похибки, які не залежать від навантаження

Похибки методичного характеру. Верстат, розроблений у відповідності з заданою кінематичною схемою, забезпечує певні рухи різального інструменту відносно заготовки, в результаті чого утворюється задана поверхня. Іноді ця схема є джерелом утворення похибки обробки. Наприклад, похибка у кроці різьби утворюється при її нарізанні на токарно-гвинторізному верстаті при наближеному підборі змінних шестерень гітари. Аналогічна похибка виникає і при нарізанні зубчастих коліс на фрезерних верстатах з допомогою універсальної ділильної головки при диференційному поділі.

Похибки методичного характеру можна заздалегідь визначити і мінімізувати.

Похибки верстата, інструментів і пристроїв. Всі елементи технологічної системи виготовляють з певною точністю і похибки їх виготовлення мають певний вплив на точність обробки заготовок. Так, на точність обробки впливають порушення прямолінійності та площинності напрямних станин, супортів і столів верстата; непаралельність або неперпендикулярність напрямних станини щодо осі шпинделя; радіальне і торцьове биття шпинделів; неточність ходових гвинтів і ділільних механізмів; зношення вузлів верстата, порушення регулювання та інші причини, які виникають у процесі експлуатації. При фрезеруванні пазів на горизонтально-фрезерному верстаті на точність обробки впливають, зокрема, відхилення від перпендикулярності осі обертання фрези у горизонтальній площині та відхилення від паралельності осі обертання фрези поверхні стола.

На утворення похибки обробки безпосередньо впливають похибки профільних різальних інструментів – сверدل, зенкерів, розверток, протяжок, фасонних різців і фрез. Допустимі значення цих похибок наводять у

кресленнях на виготовлення інструментів.

Значний вплив на точність виробів мають *похибки вимірювань* в процесі обробки. Застосування вимірювальних інструментів, які мають великі похибки, змушують зменшувати поле допуску, яке використовують в процесі обробки. Тому вибір засобів вимірювань потрібно виконувати таким чином, щоб похибка вимірювань не перевищувала $1/2-1/5$ допуску на розмір.

4.4.2. Похибки, які залежать від навантаження

Похибки, які викликаються деформаціями технологічної системи «верстат-пристрій-інструмент-деталь» (ВПД). Під дією сил різання ланки пружної системи ВПД переміщуються, тому різальні кромки відхиляються від початкового статичного положення, а фактичний розмір деталі буде відрізнятись від налагоджувального.

Значення переміщень пружної системи залежить від жорсткості цієї системи та сил різання, які діють на неї. *Жорсткістю* системи ВПД називають відношення сили різання P_y , напрямленої по нормалі до оброблюваної поверхні, до зміщення y леза інструмента відносно заготовки (Н/мм):

$$j = \frac{P_y}{y}. \quad (4.1)$$

Жорсткість верстата можна розглядати як величину, що складається із жорсткості його вузлів (супорта, передньої та задньої бабок).

При розрахунках точності обробки використовують обернену до жорсткості величину піддатливості технологічної системи (мм/Н):

$$\omega = \frac{1}{j} = \frac{y}{P_y}. \quad (4.2)$$

На рис. 4.2 показано відтиснення елементів технологічної системи від сили різання при поздовжньому точінні. Тут y_1 – зміщення заготовки, y_2 – зміщення різця.

Фактична глибина різання дорівнює:

$$t_\phi = t_3 (y_1 + y_2), \quad (4.3)$$

де t_3 – задана глибина різання.

$$y_1 = \omega_1 P_y. \quad (4.4)$$

$$y_2 = \omega_2 P_y, \quad (4.5)$$

де ω_1 і ω_2 – відповідно, піддатливості для першого та другого випадків. Тоді:

$$y = t_3 t_\phi = P_y (\omega_1 + \omega_2) = P_y \omega_c. \quad (4.6)$$

де ω_c – піддатливість системи.

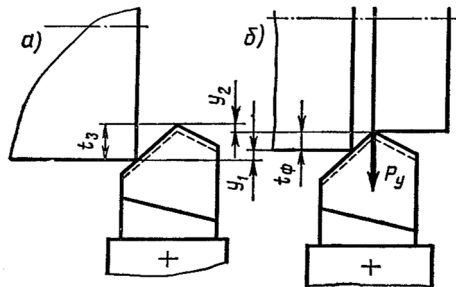


Рис. 4.2. Схема утворення відтиснення різця і заготовки:
а – до різання; б – в процесі різання

Використовуючи цю закономірність, можна отримати формули для визначення впливу відтиснень технологічної системи на точність обробки для кожного випадку. Так, при обробці вала, встановленого у центрах токарного верстата, в залежності від жорсткості передньої і задньої бабок, а також жорсткості заготовки, можна отримати сідлуватість чи бочкуватість деталі (рис. 4.3).

Число ланок технологічної системи у різних випадках може бути різним. Наприклад, при точінні заготовки, встановленої у центрах, враховують лише переміщення різця та заготовки, нехтуючи переміщеннями різця.

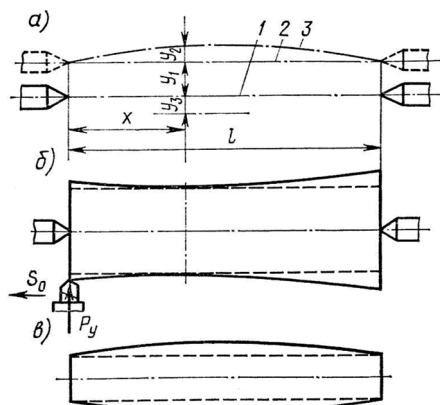


Рис. 4.3. Схема утворення похибок при обточуванні деталі тіла обертання на токарному верстаті

Похибки обробки від розмірного зношення інструментів. Критерієм зношення інструменту в процесі різання є зношення по задній поверхні (рис. 4.4). На точність обробки впливає зношення леза у напрямі, перпендикулярному до оброблюваної поверхні, яке називають *розмірним зношенням*. Оскільки розрахункові формули дають значну похибку, то значення розмірного зношення визначають експериментально.

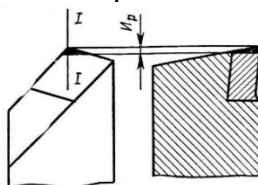


Рис. 4.4. Схема зношення різця

Процес зношення різця від шляху різання представлений на рис. 4.5. У початковий період роботи різця (ділянка I) спостерігається його підвищене зношення, яке називається початковим і приблизно відповідає шляху різання $l_1=vT=1000$ м. Другий етап (ділянка II) характеризується нормальним зношенням інструменту. Його величина складає приблизно $l=8000\dots30000$ м. Графік прямолінійний, кут нахилу α прямої характеризує інтенсивність розмірного зношення. Третій етап (ділянка III) відповідає великому зношенню. Робота інструменту на цій ділянці недопустима.

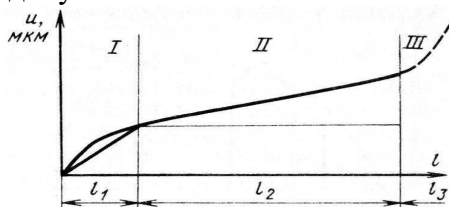


Рис. 4.5. Схема зношення різця від шляху різання

Характеристикою інтенсивності розмірного зношення на ділянці II є відносне зношення – розмірне зношення (мкм), віднесене до 1000 м шляху різання:

$$u_0 = \frac{u_2}{L_2}, \quad (4.7)$$

де u_2 – розмірне зношення на ділянці II, L_2 – шлях різання на ній. В цілому, розмірне зношення на всьому шляху різання визначається за формулою:

$$\Delta_p = u_n + \frac{u_0 L}{1000}, \quad (4.8)$$

де u_0 – початкове розмірне зношення, мкм; L – шлях різання, м

Шлях різання до підналагодження:

$$L_N = L_3 N, \quad (4.9)$$

де L_3 – шлях різання однієї заготовки, N – число заготовок, оброблених за період між двома підналагодженнями.

$$L_3 = \frac{\pi D l}{1000 S}, \quad (4.10)$$

де D і l – діаметр і довжина оброблюваної поверхні, мм; S – подача, мм/об.

Різальні інструменти, у яких можна коректувати налагоджувальний розмір (різці, фрези, шліфувальні круги), дозволяють компенсувати вплив розмірного зношення на точність обробки. Для фасонних інструментів така компенсація неможлива.

Похибки від температурних деформацій. В процесі обробки система ВПД нагрівається, причинами чого є виділення теплоти в зоні різання, виділення теплоти у вузлах верстата в результаті тертя і підведення теплоти від зовнішніх джерел. Температурні деформації верстатів нормальної точності мають незначний вплив на точність обробки. Крім того, похибки від температурних деформацій можна практично виключити, якщо в зону різання підводити велику кількість охолоджувальної рідини. А ось при конструюванні прецизійних (точних) верстатів, щоб позбутися температурного впливу на точність обробки, потрібно передбачати наступне:

1) підбирати матеріали спряжених деталей з малим коефіцієнтом розширення;

2) змінювати напрямок температурного деформування вузлів верстата так, щоб воно не впливало на точність обробки;

3) встановлювати верстати у приміщення з постійною температурою.

Видовження різця, яке відповідає у будь-який момент часу, визначається за формулою:

$$\Delta L = \Delta l_t (1 - e^{-\frac{\tau}{4}}), \quad (4.11)$$

де τ – час від початку роботи, Δl_t – видовження різця, мм. Воно залежить від марки твердого сплаву і режимів різання. Так, видовження різця з пластинкою з твердого сплаву Т15К6 при сталій тепловій рівновазі дорівнює:

$$\Delta l_t = C \frac{L_p}{F} \sigma_m (tS)^{0,75} v^{0,5}, \quad (4.12)$$

де C – постійна, яка визначається режимами різання; L_p – виліт різця, мм; F – площа поперечного перерізу тіла різця, мм²; σ_m – тимчасовий опір матеріалу різця, МПа; t – глибина різання, мм; S – подача, мм/об; v – швидкість різання, м/хв.

Якщо різання при обробці заготовок здійснюється з перервами, то в залежності від часу перерви різець охолоджується повністю чи частково. Тоді його видовження:

$$\Delta l_n = K_n \Delta l_t. \quad (4.13)$$

Тут $K_n = \frac{t_o}{t_o + t_n}$, де t_o – час роботи різця, t_n – час перерв.

4.4.3. Похибки від внутрішніх напруг

Такі похибки виникають при обробці великих заготовок. Внутрішні (залишкові) напруги виникають і при гарячій обробці металу (лиття, гаряча обробка тиском) через нерівномірне охолодження заготовок, і при холодній обробці тиском (правлення, поверхнево-пластичне деформування), іноді – при обробці різанням. Напруги можуть виникати у всьому об'ємі заготовки чи більшій його частині (напруги першого роду) або в мікроскопічних зонах (напруги другого і третього роду) [1].

Як правило, внутрішні напруги після зняття з заготовок теплової чи механічної дії зрівноважуються і зовні нічим не проявляють себе – аж поки ця рівновага не буде якимось чином порушена (наприклад, видаленням шару металу). А це може призвести до деформування

заготовки. Найбільші внутрішні напруги виникають у виливках – внаслідок їх нерівномірного охолодження. Вони іноді такі великі (особливо у корпусних деталях), що в заготовках після охолодження виникають тріщини.

Кількісно визначити величину деформацій від внутрішніх напруг у конкретному випадку неможливо. Тому для виключення похибок від напруг потрібно заздалегідь їх усунути – природним чи штучним старінням.

Природне старіння заготовки здійснюють її витриманням після чорнової обробки протягом певного часу (від кількох діб до кількох десятків діб) на повітрі під дією нічних і денних змін температури. Прискорити усунення напруг, які зменшуються поступово (спочатку – швидше, з часом – повільніше) можна створенням ударної чи вібраційної дії на заготовку.

Значно скорочує час старіння заготовок (до однієї-двох діб) *штучне старіння*, яке для чавунних деталей, наприклад, полягає в тому, що їх протягом 3–4 год рівномірно нагрівають до температури 500–550° С, витримують при ній 4–6 год, а далі охолоджують разом з піччю зі швидкістю близько 20° С за годину.

4.5. Шляхи підвищення точності механічної обробки

Основними шляхами підвищення точності є [1]:

- 1) підвищення точності технологічної системи;
- 2) скорочення похибок встановлення (суміщення баз, раціональне розміщення опор у пристрої, правильний вибір місця прикладання і напрямку сил затискання; забезпечення постійності сил затискання);
- 3) підвищення точності налагодження інструмента на розмір;
- 4) підвищення стійкості різальних інструментів відповідним підбором матеріалу їхньої різальної частини та

оптимізацією режимів різання;

5) зменшення впливу температурних деформацій технологічної системи на точність обробки;

6) застосуванням різноманітних засобів активного контролю, які автоматично забезпечують необхідне підналагодження технологічної системи у процесі обробки.

Лекція 5. ЯКІСТЬ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

5.1. Загальні положення

Якість поверхні – це комплексна характеристика, яка включає мікрогеометричні параметри поверхні та фізико-механічні властивості поверхневого шару матеріалу. Вона визначає експлуатаційні властивості деталей, зокрема стійкість до зношення; стійкість до корозії; опір втомленісному руйнуванню; характер посадок тощо.

Вплив якості поверхні на стійкість до зношення. Зношення тертьових деталей відбувається в часі нерівномірно. Спочатку тертьові деталі контактують тільки вершинами нерівностей і питомий тиск на контактних поверхнях високий, тому зношення відбувається відносно швидко. У міру того, як нерівномірності поверхонь згладжуються і площа опорної поверхні збільшується, питомий тиск, а разом з ним і зношення, зменшуються. Процес включає три періоди:

- період прискореного зношення (припрацювання), який триває доти, поки нерівності поверхні не спрацюються на деяку глибину;
- період нормального зношення тертьових деталей, яке характеризується повільним зростанням в процесі експлуатації;
- період катастрофічного зношення, який починається після того, як зазори тертьових деталей досягли деякої критичної величини.

Інтенсивність зношення поверхонь в основному зменшується зі зменшенням їх шорсткості причому це відбувається тільки до певних границь шорсткості. При дуже низькій шорсткості поверхні деякі з тертьових деталей, (наприклад, гільза циліндра двигуна) можуть значно більше спрацюватися, ніж такі ж деталі, але з вищою шорсткістю поверхні. Це пояснюється тим, що при

дуже гладкій поверхні деталей помітно погіршуються умови їх змащування, адже на них погано затримується мастило. Тому виникає сухе тертя та міжмолекулярне зчеплення тертьових поверхонь, а разом з цим – і прискорене спрацьовування. Отже, в тертьових деталях для забезпечення найменшого їх зношення треба прагнути до оптимальної шорсткості поверхні, а не до найменшої.

Вплив шорсткості поверхні на стійкість до корозії.
Опір поверхонь деталей корозії – важлива експлуатаційна характеристика деталей, які за характером своєї роботи стикаються з агресивними газовими чи рідинними середовищами. Гази і пара в атмосфері є завжди, і вони можуть діяти на поверхні деталей або безпосереднім контактом або створенням продуктів конденсації, які збираються у впадинах нерівностей поверхні. Інтенсивність корозії збільшується із зростанням температури та підвищенням шорсткості поверхні. На рис. 5.1 показані дві поверхні з різними глибинами нерівностей і різними кроками цих нерівностей. Стрілками показано напрями корозійної дії конденсату, накопиченого у впадинах нерівностей. Зі зростанням глибини нерівностей збільшуються частки матеріалу, які під дією корозії відділяються від поверхні деталі.

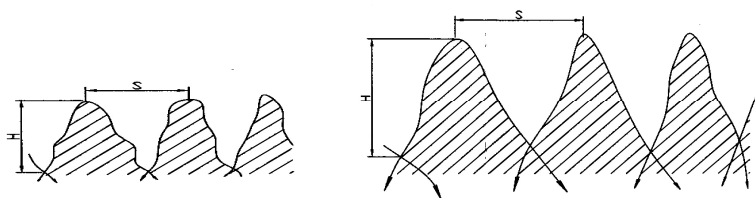


Рис. 5.1. Вплив шорсткості поверхні на стійкість проти корозії

Вплив шорсткості поверхні на міцність деталей.
Наявність на поверхні деталі нерівностей (подряпин, рисок) і тріщин призводить до місцевої концентрації напруг, що

стає причиною зменшення міцності. Чим чистіша поверхня, тим менше на ній концентраторів напруг і вища її міцність. Зменшенням шорсткості поверхні можна досягти зростання міцності деталі на 20 відсотків.

Вплив шорсткості поверхні на характер посадок.
Одні з найважливіших експлуатаційних характеристик вузлів – характер рухомих і нерухомих посадок – в значній мірі визначає саме шорсткість поверхонь.

При рухомих посадках найсуттєвіше значення мають величина зазору (для правильної роботи з'єднання вона не повинна виходити за допустимі границі) та шорсткість поверхні, яка разом з зазором зумовлює існування мастильної плівки. Зазор не повинен бути замалим – щоб не заклинювалися тертьові поверхні, але і не завеликим – щоб не було розривання мастильної плівки, а значить і передчасного руйнування з'єднання. Отже, поверхні рухомих посадок повинні мати оптимальне значення шорсткості.

При нерухомих з'єднаннях вплив шорсткості поверхонь на характер посадки полягає в тому, що при запресуванні валів в отвори нерівності на поверхнях вала і отвору згладжуються, відповідно зменшується і величина натягу. Величина згладжування тим більша, чим більший розмір нерівностей поверхонь. Тому при розрахунку посадок з натягом табличні значення цих посадок коректують, враховуючи шорсткість поверхонь отвору й вала.

Крім названих вище експлуатаційних властивостей деталей, які залежать від шорсткості поверхні, можна навести й інші, які іноді можуть мати вирішальне значення. Зокрема, обтічність поверхні; герметичність з'єднань; здатність поверхні відбивати світлові та теплові промені; теплопровідність.

5.2. Параметри якості поверхні деталей машин

Поверхню, яка обмежує деталь і відділяє її від оточуючого середовища, називають *реальною*. Відхилення реальної поверхні від номінальної визначають геометричні характеристики якості поверхневого шару: шорсткість, хвилястість і відхилення від правильної форми (овальність, огранка, бочкуватість, конусність тощо).

Поверхневий шар матеріалу за структурою і фізичними властивостями відрізняється від основної маси матеріалу деталі. Його товщина та характер зумовлені, головним чином, температурою і силами різання, які, в свою чергу, залежать від оброблюваного матеріалу та режимів обробки. Під дією сил різання у поверхневому шарі відбуваються такі зміни: наклепування, зміна міцності, структури та мікротвердості, виникнення залишкових напруг.

Наклепування поверхневого шару оцінюється його глибиною h_n , ступенем U_n і градієнтом U_{gr} :

$$U_n = (H_{max} - H_{поч}) / H_{поч}; \quad (5.1)$$

$$U_{gr} = (H_{max} - H_{поч}) / h_n; \quad (5.2)$$

де H_{max} і $H_{поч}$ – відповідно, максимальна та початкова мікротвердості поверхневого шару металу.

Мікротвердість поверхневого шару визначають втисненням алмазного наконечника з ромбічною основою за допомогою приладів типу ПМТ. *Структуру* поверхневих шарів оцінюють металографічними методами, а залишкові напруги – розрахунком чи експериментом. Для дослідження стану поверхневого шару часто використовується рентгенівський метод.

Після обробки сталльної заготовки у поверхневому шарі виділяють три зони (рис. 5.2):

I – зона різко вираженої деформації, яка характеризується великими викривленнями кристалічної ґратки металу, роздробленням зерен, високою твердістю;

II – зона деформації, в якій помітні витягування зерен, «накладання» одних зерен на інші;

III – перехідна зона, в якій стан шару металу наближається до стану початкового матеріалу.

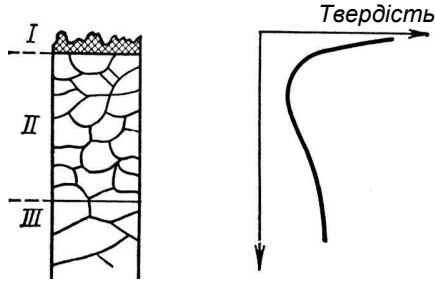


Рис. 5.2. Структура поверхневого шару металу

Глибина поверхневого шару визначається методом і режимами обробки і змінюється від кількох мікрометрів (при тонкій обробці) до сотень мікрометрів (при чорновій обробці).

Мікрогеометричні нерівності поверхні виникають при обробці у вигляді слідів різальних інструментів, поверхневих тріщин і нерівностей, зумовлених пластичними деформаціями поверхні та залишками наростів, які утворюються на різальних кромках інструментів, періодично відриваються від них і прилипають до поверхні деталі.

Причинами виникнення шорсткості поверхні також можуть бути вібрації системи ВПД, биття різального інструменту тощо.

5.3. Контроль якості поверхонь деталей машин

Значний вплив якості поверхні на експлуатаційні властивості деталі вимагає створення методів і приладів, які б з потрібною точністю контролювали задані параметри.

Існує багато методів і приладів, переважна більшість яких призначена для контролю геометричних параметрів. Методів і приладів для контролю глибини й якості дефектного шару значно менше – вони потрібні менше.

Методи контролю шорсткості залежно від того, які характеристики поверхні вони повинні давати, розділяють на чотири групи:

1) *дефектоскопічні* методи не дають характеристики мікрогеометрії поверхні, але виявляють наявність дефектів (тріщини, іржа тощо). Метод застосовують, наприклад, для контролю кульок підшипників;

2) методи *суб'єктивного контролю* не дають кількісної характеристики мікрогеометрії, зате дозволяють візуально порівнювати контрольовану поверхню з еталонною. Оскільки порівняння залежить від індивідуального (тобто суб'єктивного) сприйняття, його результати можуть бути спірними. Проте ці методи завдяки простоті широко застосовують на виробництві;

3) методи *об'єктивного контролю* служать для порівняння вимірюваної поверхні з еталонною, але результати одержують у вигляді об'єктивних показників приладів (наприклад, напруги чи сили струму, інтенсивності відбитого світла тощо);

4) *профілометричні* методи дають змогу безпосередньо вимірювати параметри профілю за допомогою профілометрів або креслити профіль поверхні на паперовій стрічці у відповідних масштабах за допомогою профілографів. Для цього застосовують безпосередні та посередні способи. Одним з безпосередніх способів є розрізання контрольованої поверхні з наступним шліфуванням або поліруванням поверхні розрізання. Параметри отриманого профілю можна вимірювати під мікроскопом. Метод трудомісткий і вимагає руйнування контрольованої деталі, тому застосовується рідко.

5.4. Вплив технологічних факторів на якість поверхні

Вплив параметрів режимів різання впливає з геометричного представлення слідів, що їх залишає різальний інструмент на поверхні деталі. Зокрема, професор П.Дяченко запропонував формулу, яка визначає параметр шорсткості поверхні R_z :

$$R_z = R_p + R_{nl} + R_{np} + R_l + R_{dp} + R_{жс}, \quad (5.3)$$

де R_p – частка висоти шорсткості, вирахована за поздовжньою подачею; R_{nl} – частка висоти шорсткості, яка виникає внаслідок пластичного деформування матеріалу попереду леза інструменту; R_{np} – частка висоти шорсткості, яка виникає внаслідок пружного відтиснення металу після проходження інструменту; R_l – частка висоти шорсткості, яка створюється мікронерівностями леза інструменту; R_{dp} – частка висоти шорсткості, яка виникає внаслідок пошкодження поверхні металу стружкою, яка сходить; $R_{жс}$ – частка висоти шорсткості, яка виникає внаслідок недостатньої жорсткості системи ВПД.

На шорсткість поверхні можуть впливати й інші фактори, проте для практичних цілей враховують вплив лише основних. У більшості випадків фактичне значення шорсткості визначається параметром R_p . Подача є одним з тих факторів, які суттєво впливають на шорсткість поверхні при багатьох методах обробки (точіння, фрезування, свердління тощо). Зі збільшенням подачі зростають і нерівності поверхні. Лише при обробці поверхонь абразивними інструментами подача практично не впливає на шорсткість.

Швидкість різання має суттєвий вплив і на якість поверхні, до певної міри аналогічний впливу швидкості різання на питоме зношення різального інструменту – він найбільший для швидкостей різання 2–30 м/хв (рис. 5.3).

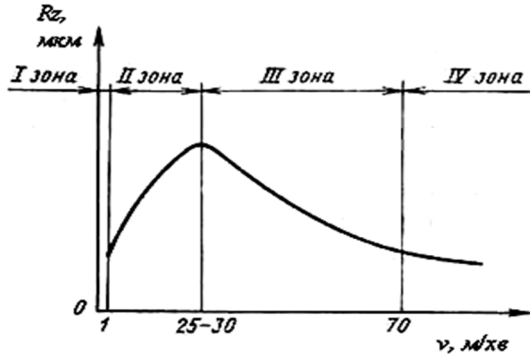


Рис. 5.3. Залежність шорсткості поверхні від швидкості різання

При менших і більших швидкостях питоме зношення інструменту, а також і глибина нерівностей зменшуються, що пов'язано зі зміною висоти наросту на інструменті. Так, зона I характеризується відсутністю наросту, а значить – і подряпин на поверхні. При швидкостях різання, характерних зоні II, відбувається значне наростоутворення, що збільшує шорсткість. Зона III характеризується відсутністю наросту, в результаті чого шорсткість зменшується до розрахункового значення.

Слід зазначити, що максимум впливу швидкості для різних матеріалів різний: для сталей він чітко помітний, а для чавунів та бронз – ні.

Глибина різання на шорсткість поверхні практично не впливає.

Жорсткість системи ВПД (передусім жорсткість самої деталі), також впливає на шорсткість оброблюваної поверхні: зі збільшенням жорсткості шорсткість в основному зменшується.

На шорсткість поверхні впливають стан і величина зношення інструменту. Правильно заточені інструменти дають, за всіх інших однакових умов, чистішу поверхню, ніж спрацьовані чи неякісно заточені.

Мастильно-охолоджувальні рідини позитивно впливають на збільшення стійкості різальних інструментів і зменшення сил різання, тому застосування технологічних рідин помітно зменшує шорсткість поверхні (на 10–20%).

Режими різання мають вплив і на глибину наклепу. Збільшення швидкості різання збільшує h_n , проте при $v=200$ м/хв внаслідок високих температур метал самовідпускається, тому глибини наклепу зменшується. До збільшення h_n приводить і збільшення подачі.

Важливим фактором, який впливає на якість поверхні та точність деталей, є вібрації, які практично завжди супроводжують процес різання. Основними причинами її виникнення є:

- коливання, які внаслідок незрівноваженості рухомих частин верстата і заготовки, що обертається;
- коливання внаслідок переривчастого характеру процесу різання (наприклад, при роботі багатолезовим інструментом);
- коливання внаслідок нерівномірності передач у верстатах;
- зовнішні коливання від інших машин.

Лекція 6. ВЕРСТАТНІ ПРИСТРОЇ

6.1. Загальні відомості

Верстатні пристрої служать для встановлення заготовок і інструментів на металорізальні верстати. Їх застосування знижує трудомісткість і собівартість виготовлення деталей, розширює технологічні можливості устаткування [1].

Пристрої класифікують за різними ознаками:

1) за призначенням:

- пристрої для закріплення заготовок;
- пристрої для закріплення робочого інструмента;
- складальні пристрої – для з'єднання деталей, кріплення базових деталей, попереднього складання пружних елементів тощо;

- контрольні пристрої – для перевірки заданих параметрів;

- пристрої для захоплення і переміщення заготовок в автоматизованому виробництві (робочі органи промислових роботів);

2) за ступенем механізації: ручні; механічні; напівавтоматичні; автоматичні;

3) за ступенем спеціалізації: універсальні; спеціалізовані; спеціальні;

4) за ступенем уніфікації і стандартизації:

- *універсально-безналагоджувальні пристрої (УБП)*, призначені для встановлення заготовок на постійні чи регульовані елементи: центри, патрони, оправки, магнітні й електромагнітні плити;

- *універсально-налагоджувальні пристрої (УНП)*, які складаються з універсального базового агрегату (наприклад, машинні лещата) і змінних налагоджувальних елементів. Налагодження пристрою для різних деталей здійснюють зміною встановлювальних і затискних

елементів на базовому агрегаті;

- *спеціалізовані налагоджувальні пристрої (СНП)* аналогічні УНП, але базовий агрегат у них спеціалізований. СНП застосовують у серійному виробництві для встановлення заготовок, схожих за конфігурацією і з ідентичними схемами базування;

- *універсально-складальні пристрої (УСП)* компонують на стандартизованих плитах різноманітних розмірів. Можливість швидко складати пристрої для різних деталей і операцій дозволяє набагато скорочувати час технологічної підготовки виробництва і робить УСП вигідними у дослідному та малосерійному виробництві;

- *складально-розбиральні пристрої (СПП)* компонують з стандартних деталей (складальних одиниць) та змінних спеціальних налагоджувальних елементів. Їх застосовують у серійному виробництві;

- *нерозбірні спеціальні пристрої (НСП)* служать для оснащення конкретних технологічних операцій. Вони забезпечують встановлення і закріплення однотипних за формою і конфігурацією заготовок з ідентичними схемами базування у серійному виробництві.

6.2. Елементи верстатних пристроїв

Основними елементами пристроїв є встановлювальні, затискні, напрямні, ділильні, поворотні, кріпильні елементи, корпуси та механізовані приводи.

Встановлювальні елементи служать для визначення положення заготовки відносно пристрою і положення оброблюваної поверхні відносно різального інструмента. Вони повинні забезпечувати повну нерухомість заготовки відносно пристрою в процесі обробки. Для встановлення заготовки плоскою поверхнею застосовують опори з сферичною, рифленою і плоскою головками (рис. 6.1), шайби, опорні пластини.

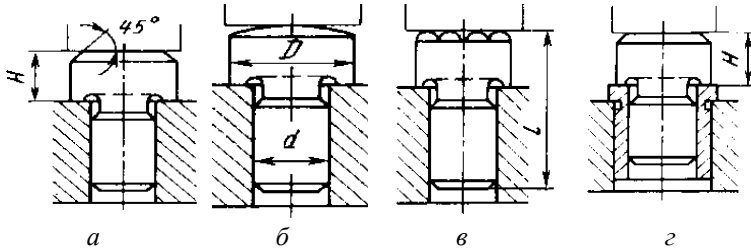


Рис. 6.1. Схеми опор: а – з плоскою головкою, б – з сферичною головкою, в – з рифленою головкою, г – зі змінною втулкою

Опори зі сферичними поверхнями використовують для встановлення виробів за допомогою необроблених базових поверхнь, а опори з плоскими поверхнями – для встановлення виробів здебільшого за допомогою оброблених базових поверхнь.

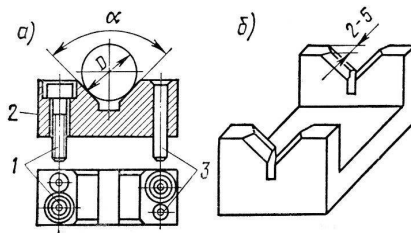


Рис. 6.2. Схеми призм

Для встановлення заготовок зовнішньою поверхнею і перпендикулярної до її осі торцьовою поверхнею застосовують опорні і встановлювальні призми (рис. 6.2), втулки та патрони.

Встановлювальні елементи повинні мати високу стійкість до зношення, тому їх виготовляють з конструкційних вуглецевих (45), легованих (20Х, 12ХН3А) та інструментальних сталей (У7, У8А), а робочі поверхні гартують до твердості HRC 55...60.

Затискні елементи служать для закріплення заготовки. Вони складаються з трьох основних частин:

приводу, контактного елемента, силового механізму. *Привід*, перетворюючи певний вид енергії, розвиває силу Q , яка за допомогою силового механізму перетворюється в силу затискання P і передається через контактні елементи на заготовку. *Контактні елементи* служать для передачі затискного зусилля безпосередньо на заготовку і розосереджують зусилля, запобігаючи зминанню поверхонь заготовки.

Для скорочення допоміжного часу застосовують механізовані приводи: механічні, пневматичні, електромеханічні, магнітні, вакуумні.

Механічні приводи з ручним керуванням використовують рідко – вони вимагають багато часу на встановлення і зняття заготовок.

Для *пневматичного приводу* використовують пневматичні циліндри двосторонньої й односторонньої дії та пневматичні камери. Пневмокамери довговічніші (витримують до 600 тисяч вмикань, а пневмоциліндри – 10 тисяч); компактніші; легші і простіші. Проте пневмокамери мають невеликий хід штока і змінну величину зусилля, що обмежує їх застосування.

Гідравлічні приводи, порівняно з пневматичними, розвивають більші зусилля; забезпечують плавну передачу зусиль на силові механізми; мають ширшу область застосування; дозволяють застосовувати циліндри малого діаметра, що забезпечує їхню компактність.

Електромеханічні приводи застосовують у верстатах з числовим програмним керуванням та автоматичних лініях. Зусилля на контактні елементи затискного пристрою передаються від електродвигуна через механічні передачі.

Електромагнітні і магнітні приводи, які використовують енергію магнітного поля (від електромагнітів або постійних магнітів) для закріплення сталених і чавунних заготовок, виконують у вигляді плит і

планшайб. Ці пристрої підвищують продуктивність праці за рахунок зниження допоміжного (на встановлення) і основного (на обробку) часу – при багатомісній обробці.

Вакуумні приводи застосовують для кріплення заготовок з різноманітних матеріалів з плоскою чи криволінійною поверхнею, прийнятою за основну базу.

Силові механізми виконують роль підсилувача, тому їх основною характеристикою є коефіцієнт підсилення i :

$$i = P/Q, \quad (6.1)$$

де P – сила затискання, прикладена до заготовки; Q – сила, яка розвивається приводом.

Сили, необхідні для закріплення заготовки в процесі обробки, повинні запобігати відриванню заготовки від встановлювальних елементів пристрою, зсуву чи повороту її під дією сил різання. Сили різання визначають за формулами теорії різання чи довідниками.

Вихідними даними для проведення розрахунків на міцність елементів затискних пристроїв і силових приводів є сили затискання, які залежать від сил різання, сил закріплення і моментів.

Елементи для спрямовування різальних інструментів служать для здійснення заданого напрямку руху інструмента. Вони сприяють підвищенню жорсткості технологічної системи, зниженню втрат часу за рахунок збільшення параметрів режимів різання і зниження часу на налагодження, підвищують точність обробки.

При свердлінні та зенкеруванні жорсткість різальних інструментів, цанг і технологічної системи в цілому часто є недостатніми. Для усунення пружних відтискань інструмента застосовують напрямні елементи – кондукторні втулки (рис. 6.3). Їх виготовляють з інструментальних або легованих конструкційних сталей і гартують до твердості 60...65 HRC.

До напрямних пристроїв відносять і кондукторні плити, які служать для встановлення кондукторних втулок.

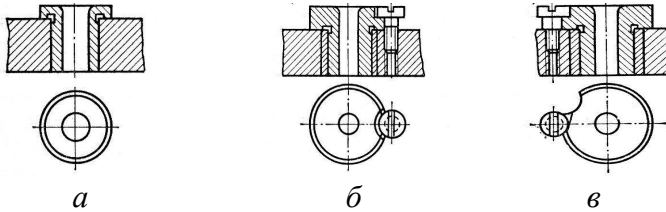


Рис. 6.3. Кондукторні втулки: а – постійні, б – змінні, в – швидкозмінні

Корпуси пристроїв – це базові деталі, на яких монтують всі елементи пристроїв, допоміжні деталі та механізми. Вони повинні бути жорсткими, міцними, простими та недорогими. Корпуси виготовляють литими, штампованими, збірними чи зварними з сірого чавуну та маловуглецевих сталей.

Допоміжними елементами пристроїв є опори корпусів, рукоятки, рим-болти. Для фіксації і визначення положення поворотної частини пристрою (при її наявності) використовують ділильні пристрої, які складаються з поворотного диска і фіксатора.

6.3. Різновиди верстатних пристроїв

Основні різновиди верстатних пристроїв, залежно від призначення і виду обробки, можна згрупувати так:

- для токарних і шліфувальних верстатів;
- для свердильних і розточувальних верстатів;
- для фрезерних верстатів;
- для зубооброблювальних верстатів;
- для протяжних верстатів;
- для фасонної обробки;
- для верстатів з ЧПК, агрегатних верстатів і

автоматичних ліній.

Кожна з цих груп має свої особливості, переваги і недоліки. Проте до всіх пристроїв ставлять такі основні вимоги, як високі точність і жорсткість; швидкі затискання/розтискання заготовок і переналадження затискних елементів на розмір заготовки; можливість обробляти різні за формою і розмірами заготовки.

Пристрої для токарних і шліфувальних верстатів – це патрони, планшайби, люнети.

Патрони служать, переважно, для кріплення коротких заготовок по зовнішній чи внутрішній поверхні. За типом приводу їх поділяють на ручні і механізовані, за числом кулачків – на трьох-, чотирьохкулачкові і більше; за типом центрування – на універсальні (самоцентрувальні), спеціальні і з незалежним переміщенням кулачків; за конструкцією – на клинові, важільно-клинові, спеціальні, гвинтові та спірально-рейкові.

Планшайба встановлюється на центрувальні елементи шпинделя верстата. Це диск, на якому монтують затискні пристрої.

Люнети – додаткові опори для збільшення жорсткості при обробці довгих заготовок (з відношенням $L/D \geq 10$).

На плоскошліфувальних верстатах для кріплення заготовок з феромагнітних матеріалів в якості встановлювально-затискних пристроїв використовують магнітні чи електромагнітні плити.

Пристрої для свердлильних і розточувальних верстатів – це машинні лещата, призми, кутники, кондуктори, поворотні столи тощо. Конструкції свердлильних пристроїв різняться будовою і положенням, яке займає заготовка в процесі обробки. Так, кондукторні пристрої поділяють на стаціонарні, пересувні та поворотні.

Під *стаціонарними* розуміють пристрої, які при обробці в них заготовки залишається нерухомими.

Перекидні пристрої – кондуктори, які в процесі свердління отворів, розташованих у різних площинах, доводиться повертати разом із заготовкою для суміщення осей кондукторної втулки і різального інструмента. *Поворотні* пристрої застосовують для обробки заготовок, які мають велике число отворів, розташованих по колу.

Суттєвий недолік поворотних пристроїв - втрата часу на переміщення і поворот заготовки, що збільшує трудомісткість обробки. Для його усунення застосовують спеціальні й універсальні багатошпindelні свердлильні головки, встановлені на одношпindelних верстатах, що значно зменшує час обробки отворів.

У спеціальних головках (рис. 6.4) відстань між шпинделями незмінна, тобто положення інструмента змінювати не можна. Обертання від шпинделя верстата до шпинделів 3 головки передається за допомогою зубчастих коліс 2 та 4 і конуса 1 головки. Верхньою частиною головка закріплена до шпindelної бабки верстата.

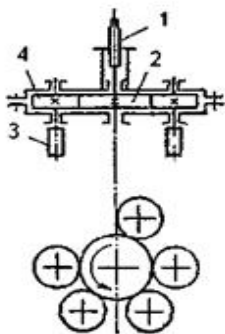


Рис. 6.4. Спеціальна багатошпindelна головка

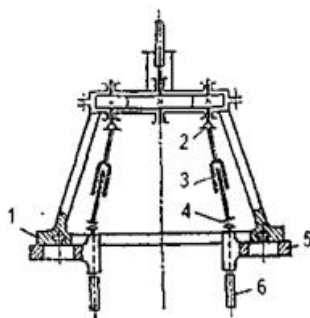


Рис. 6.5. Універсальна багатошпindelна головка

Універсальні багатошпindelні головки служать для обробки отворів з різними відстанями між їхніми осями, що

досягається регулювання відстані між шпинделями в невеликих діапазонах. Наприклад, за рахунок шарнірно-телескопічного механізму шпинделів головки (рис. 6.5). Держаки 5 робочих шпинделів 6 можна висувати радіально чи переміщувати по колу на нижній опорній площині корпусу 1 головки. Компенсацію зміни відстані між шарнірами 2 і 4 забезпечує телескопічне з'єднання 3 з ковзною шпонкою.

Пристрої для фрезерних верстатів. На фрезерних верстатах застосовують стандартизовані пристрої: машинні лещата, ділильні головки і поворотні столи. Особливістю пристроїв є висока жорсткість конструкції, оскільки різання має переривчастий характер.

Ділильні головки використовують для встановлення і періодичного повороту невеликих заготовок. Їх встановлюють у центрах, цангових або кулачкових патронах, закріплених на шпинделі головки. Поворотні столи застосовують для безупинного чи позиційного фрезерування плоских поверхонь.

Конструкції **пристроїв для зубооброблювальних верстатів** залежать від схеми базування, а значить – від конструкції заготовки. Основне призначення пристроїв – точна і стабільна фіксація зубчастого колеса при нарізуванні зубів. Тому пристрої повинні бути жорсткими, мати високу точність поверхонь, які застосовують для базування (шийки, торці, отвори), бути простими, зручними для встановлення-зняття заготовки і швидкодіючими. Особливістю таких пристроїв є застосування розтискувальних центрувальних елементів.

Пристрої для протяжних верстатів. Пристрої для внутрішнього протягування не мають спеціальних затискних пристроїв або механізмів. Їх характерною рисою є простота конструкції, тому що заготовка центрується шийкою протяжки і силою різання притискається до

опорної поверхні планшайби верстата через проміжні жорсткі або самовстановлювальні фланці чи змінні втулки. Приводи таких пристроїв – пневматичні, гідравлічні чи пневмогідравлічні.

Лекція 7. ЗМІНА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

7.1. Автомобіль як об'єкт ремонту

Автомобіль – технічна система тривалого користування, технічний стан якої у процесі експлуатації змінюється через дію робочих процесів і шкідливих руйнівних впливів. Це призводить до погіршення техніко-експлуатаційних факторів.

Розглянемо деякі показники, які характеризують експлуатацію автомобіля [12].

Граничний стан – стан, при якому подальше використання механізму чи автомобіля є недопустимим або недоцільним.

Надійність – властивість автомобіля чи агрегату виконувати задані функції при збереженні експлуатаційних параметрів у встановлених межах на протязі певного проміжку часу.

Працездатність – стан автомобіля, при якому він може виконувати задані функції з параметрами, встановленими технічними умовами.

Відмова – подія, яка виражається у порушенні працездатності.

Несправність – стан виробу, при якому він не відповідає хоча б одній з вимог технічної документації.

Напрацювання – тривалість чи обсяг роботи автомобіля, виражений у кілометрах пробігу чи годинах роботи агрегату.

Довговічність – властивість автомобіля зберігати працездатність до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування і ремонту.

Ресурс – напрацювання виробу до граничного стану, яке обумовлене у технічній документації.

Термін служби – календарна тривалість експлуатації

виробу до моменту виникнення граничного стану, обумовленого у технічній документації чи до списання.

7.2. Причини зміни технічного стану

В процесі експлуатації автомобіля знижуються його динамічні якості, збільшується витрата пального та мастил, з'являються шуми, що є результатом процесів, які відбуваються в агрегатах та системах автомобіля. До них належать спрацювання робочих поверхонь деталей, втома металу, вібрації деталей і вузлів, внутрішні напруги в деталях, корозія, старіння тощо [3].

Шкідливі процеси можуть виникати через незрівноваженість обертових мас, порушення взаємного розташування деталей у вузлах, старіння деталей, температурні впливи навколишнього середовища, зміни навантажувальних режимів.

За швидкістю перебігу всі шкідливі процеси поділяють на три групи: швидкі, середньої швидкості та повільні.

До *швидких* відносять вібрації вузлів, зміни сил тертя у рухомих спряженнях, коливання робочих навантажень та інші процеси, які впливають на взаємне положення деталей і вузлів, спотворюючи цикл роботи автомобіля. Тривалість їх дії становить частки секунди.

Дія кліматичних умов під час експлуатації (температура та вологість навколишнього середовища) належить до процесів *середньої швидкості*, час зміни яких вимірюється годинами і хвилинами.

До *повільних* процесів (тривають дні й місяці) належать спрацювання деталей, втома металу, корозія тощо.

7.3. Види спрацьовування деталей автомобілів

Основна причина відмов автомобілів – передчасне спрацювання тертьових поверхонь деталей. Тому підвищення надійності транспортних засобів зводиться до підвищення стійкості проти спрацювання деталей. У процесі роботи будь-якої машини внаслідок спрацювання деталей змінюються їх фізико-механічні, фізико-хімічні, геометричні та інші характеристики.

Спрацьовування – це процес поступової зміни розмірів і форми тіла при терті, що проявляється у відділенні з поверхні тертя матеріалу й у його залишковій деформації. Результатом спрацьовування є спрацювання, яке виражається в лінійних одиницях, в окремих випадках – в масових. Спрацьовування деталей є однією з основних причин зниження терміну служби машин. Воно залежить від ряду факторів, зокрема від умов тертя.

Види тертя. Зовнішнє тертя – це опір відносному переміщенню, що виникає між двома тілами в зонах зіткнення поверхонь по дотичних до них. Розрізняють тертя спокою (тертя двох тіл при попередньому зсуві) і тертя руху (тертя двох тіл, які знаходяться у відносному русі).

Залежно від виду відносного руху розрізняють тертя ковзання, тертя кочення і тертя кочення з проковзуванням (наприклад, тертя між зубами коліс у зубчастих передачах, тертя кульок і роликів по поверхнях кілець відповідних підшипників).

Залежно від наявності між тертьовими тілами мащення розрізняють тертя сухе, граничне і рідинне.

Сухе тертя – тертя руху двох твердих тіл без мащення на дотичних поверхнях. У чистому вигляді його можна отримати в абсолютному вакуумі, тобто без впливу навколишнього середовища.

Граничне тертя – тертя руху двох твердих тіл, які мають на своїх поверхнях незначний мастильний шар

(близько 0,1 мкм), властивості якого відрізняються від об'ємних властивостей рідин при рідинному терті.

Рідинне тертя виникає між двома третьючими тілами, розділеними мастильним шаром, у якому виявляються його об'ємні властивості.

Спрацьовування поділяють на механічне, молекулярно-механічне і корозійно-механічне. Розглянемо їх.

Механічне спрацьовування (абразивне і втомленісне) виникає при механічній взаємодії матеріалів виробу.

Абразивне спрацьовування – процес, при якому третюві поверхні руйнуються в результаті різальної дії твердих тіл. Абразивні частки можуть потрапити на поверхню матеріалів у результаті поганої фільтрації масел, як результат твердих утворень зруйнованих мікрообсягів чи продуктів окислення мастильних матеріалів. Швидкість абразивного спрацьовування – 0,5–50 мкм/год.

Різновидами абразивного спрацьовування є *гідро-* і *газоабразивне*, які виникають в результаті впливу на матеріал твердих часток, підхоплених потоками рідини чи газу. Гідроабразивне спрацьовування характерне плунжерам і втулкам паливних насосів дизелів, золотникам гідророзподільників тощо. Газоабразивному спрацьовуванню піддаються, наприклад, деталі повітроочисників двигунів.

Різновидом механічного є *кавітаційне* спрацьовування поверхні при відносному русі твердого тіла в рідині при порушенні суцільності її потоку. При цьому утворюються кавітаційні пухирці, які зменшуються в об'ємі з великою швидкістю і розриваються. Це приводить до гідравлічного удару рідини по поверхні деталі з утворенням руйнувань у виді каверн діаметром 0,2–1,2 мм.

Втомленісне спрацьовування поверхні є наслідком багаторазового деформування мікрообсягів матеріалу, що

приводить до виникнення тріщин і відділення з поверхневого шару часток матеріалу. Величина такого спрацьовування визначається глибиною деформованого шару на поверхні тертя.

Втомленісне спрацьовування можливе при терті кочення і ковзання і залежить від питомого тиску в спряженні, властивостей матеріалу деталі і частоти циклів навантаження.

При чистому коченні спостерігається контактна втома - утворення місцевих осередків руйнування у вигляді дрібних поглиблень (*nittins*). При терті ковзання виникає спрацьовування, пов'язане з втомленісною природою руйнування. У зубчастих передачах, опорах кочення, парах «кулачок – ролик» можуть бути обидва види руйнування, тому що у цих парах є і кочення, і ковзання.

Молекулярно-механічне спрацьовування має місце при механічній взаємодії матеріалів і одночасному впливі молекулярних (атомарних) сил і його поділяють на адгезійне і вібріковне перенесення.

Адгезійне спрацьовування виникає на окремих ділянках контактних поверхонь (переважно металевих) утворенням молекулярних (адгезійних) взаємодій, сили яких перевершують міцність зв'язків поверхневого шару матеріалу з основним матеріалом деталі. Його дія виражається в глибинному вирівнюванні матеріалу та перенесенні його з однієї поверхні на іншу, що приводить до заклинення деталей. Воно може виникнути в зубчастій парі чи опорах кочення при високих контактних навантаженнях і відсутності мащення.

Спрацьовування в умовах *вібрікового перенесення*, яке характеризується атомарними явищами в зоні контакту, спостерігається, зокрема, при терті металополімерних пар. При цьому полімер переноситься на поверхню металу і утворює на ній мономолекулярний шар, що сприятливо

позначається на фрикційних характеристиках пари і різко зменшує інтенсивність спрацьовування.

Корозійно-механічне спрацьовування відбувається при терті матеріалу, який вступив у хімічну взаємодію із середовищем. Його різновидами є окислювальне спрацьовування і спрацьовування при фретінг-корозії [3].

Окислювальне спрацьовування виникає при наявності на поверхнях тертя захисних плівок, утворених при окисленні металу деталі – наприклад, на шийках колінчастих і розподільних валів, поршневих пальцях і втулках опор кочення. Є три форми окислювального спрацьовування: перша виникає в результаті видалення з поверхні тертя ультрамікроскопічних хімічно адсорбованих плівок; друга - при видаленні мікроплівок твердих розчинів і евтектик хімічних сполук кисню і металу; третя – у результаті періодичного утворення і відшаровування відносно великих шарів сполук кисню і металу.

Окислювальне спрацьовування (швидкість 0,05–0,1 мкм/год) є сталим стаціонарним процесом динамічної рівноваги руйнування і відновлення окисних плівок. Виникнення оксидних плівок прискорює втомленісне руйнування металу, тому що в результаті взаємодії кисню і металу утворюються шари з підвищеною крихкістю металу.

Спрацьовування при *фретінг-корозії* відбувається в процесі малих відносних коливальних переміщень контактних металевих поверхонь – як результат періодичних деформацій чи вібрацій елементів конструкції. При фретінг-корозії спостерігаються явища схоплювання, абразивного та втомленісно-корозійного спрацьовування. Цей вид спрацьовування характерний для поверхонь деталей у нерухомих з'єднаннях, які сприймають вібраційні навантаження (наприклад, зовнішні поверхні зовнішніх кілець підшипників, поверхні отворів у корпусах

підшипників тощо). Фретінг-корозія може виникати як при сухому терті, так і при мащенні.

7.4. Закономірності спрацьовування деталей машин

Спрацьовування деталей характеризується такими показниками:

а) *лінійне спрацювання* U – зміна розміру деталі у результаті спрацьовування в напрямку, перпендикулярному поверхні тертя;

б) *швидкість спрацювання* $u=dU/dt$ – відношення спрацьовування до часу спрацьовування. За швидкістю спрацювання можна судити про довговічність деталі;

в) *інтенсивність спрацювання* $j=dU/ds$ – відношення спрацьовування до шляху тертя, на якому відбувалося спрацьовування.

г) *стійкість до спрацювання* – властивість матеріалу чинити опір спрацьовуванню за певних умов тертя (величина, обернена швидкості чи інтенсивності спрацьовування);

д) *відносна стійкість до спрацювання* – відношення стійкості до спрацювання даного матеріалу і матеріалу, прийнятого за еталон, при їхньому спрацьовуванні в однакових умовах.

Основними факторами, які впливають на процес спрацьовування деталей, є:

- конструктивні характеристики спряження: рід тертя (ковзання, кочення чи їх комбінація), навантаження, швидкість відносного переміщення, характер руху, розрахункові зазори, якість обробки поверхонь, стійкість матеріалів до спрацювання;

- експлуатаційні характеристики: відповідність діючих навантажень і розрахункових, параметри

навколишнього середовища (вологість, запиленість, температура), якість мащення.

Залежність швидкості спрацювання від питомого тиску і швидкості відносного руху виражається формулою

$$u = kp^m v^n, \quad (7.1)$$

де k – коефіцієнт, що характеризує вплив матеріалу деталі і якості поверхні; p – питомий тиск; v – швидкість відносного руху; m і n – постійні, які характеризують вид мащення і якість мастильних матеріалів.

Для абразивного спрацювання ($m=n=1$) швидкість зношення:

$$u = kp v. \quad (7.2)$$

На швидкість майже усіх видів спрацювання значний вплив має твердість металів і сплавів: зі зростанням твердості стійкість матеріалу до спрацювання підвищується.

Значний вплив на стійкість металу деталі до спрацювання має його структура. Так, підвищення вмісту вуглецю, введення легувальних елементів підвищує стійкість сталей до спрацювання. Стійкість чавунів значною мірою залежить від стану в них вуглецю. Якщо вуглець у чавуні перебуває у вигляді цементиту Fe_3C , то такий чавун стійкіший до спрацювання, ніж чавун, у якому вуглець знаходиться у вільному стані (у вигляді графіту). Застосовуючи термічну обробку чавунів, підвищують їхню стійкість до спрацювання у 2–4 рази.

Навколишнє середовище має значний вплив на стійкість до спрацювання деталей, що працюють у різноманітних умовах (запилена атмосфера, підвищена вологість, коливання температури тощо). Так, в умовах запиленого повітря інтенсивність спрацювання двигуна 3–4 рази вища, ніж при роботі в нормальних умовах.

Спрацювання деталей у часі звичайно протікає нерівномірно (рис. 7.1). Період часу I відповідає

інтенсивному спрацьовуванню, коли відбувається процес припрацьовування деталей. У період часу II (нормального спрацьовування) спрацювання прямо пропорційне часу роботи. У період часу III настає форсоване (аварійне) спрацьовування.

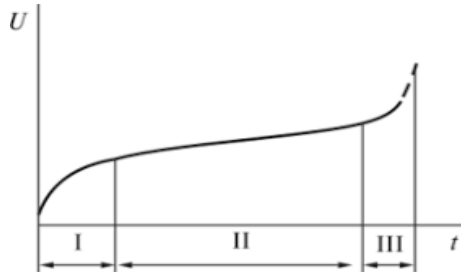


Рис. 7.1. Характер спрацьовування деталей

Для сталого спрацьовування (період II)

$$U = \gamma t. \quad (7.3)$$

Для спрацьовування з урахуванням періоду припрацьовування:

$$U = U_n + \gamma t, \quad (7.4)$$

де U_n – спрацювання за період припрацьовування.

Зростання швидкості спрацьовування у III періоді пов'язано з порушенням рідинного тертя і появою вібрацій через великі зазори в з'єднанні, підвищенням температури в зоні тертя і погіршенням якості контактних поверхонь.

Граничні і допустимі спрацьовування.

Спрацьовування деталі називається *граничним*, якщо подальше її використання в машині є неприпустимим через порушення нормальної роботи вузла чи машини в цілому і можливість раптової відмови в роботі (аварії).

Основні ознаки появи граничних спрацьовувань: підвищення інтенсивності спрацьовування деталі; зниження міцності і надійності деталей внаслідок зміни їхніх розмірів; погіршення службових властивостей вузла, у які входить деталь (поява вібрацій, зниження потужності,

збільшення витрати палива тощо). Спрацьовування є одним з критеріїв граничного стану виробу.

Спрацьовування деталі називають *допустимим*, якщо вона може бути встановлена в машину без ремонту і буде задовільно працювати протягом майбутнього міжремонтного періоду. Допустиме спрацьовування можна визначити зі співвідношення

$$U_0 = U_{zp} - \gamma T_{m.n}, \quad (7.5)$$

де U_{zp} – граничне спрацьовування; $T_{m.n}$ – міжремонтний період.

Граничні спрацьовування визначають переважно дослідним шляхом – тривалими спостереженнями за експлуатацією машини з використанням при цьому методів математичної статистики.

7.5. Визначення спрацьовування деталей машин

Спрацьовування деталей машин визначають виробничими та лабораторними методами. До виробничих методів відносять мікрометрування деталей і непряму оцінку за зміною експлуатаційних характеристик спряження, до лабораторних (дослідних) – зважування деталей, визначення кількості заліза в маслі картера, застосування радіоактивних ізотопів, метод штучних баз, профілографування [3].

Мікрометрування ґрунтується на вимірюванні лінійних розмірів деталей, що були в експлуатації, з використанням універсальних вимірювальних засобів (мікрометрів, штангенциркулів тощо).

Оцінку спрацьовування за зміною експлуатаційних характеристик спряження широко використовують у виробництві. Так, спрацьовування деталей масляного насоса посередньо можна оцінити за падінням тиску масла, спрацьовування деталей поршневої групи – за пропусканням газів у картер двигуна, спрацьовування рухомого з'єднання –

за зміною його температури в процесі експлуатації, наприклад у підшипниках ковзання.

Метод зважування полягає у визначенні маси деталі до експлуатації і після неї. Цей метод застосовувати не можна, якщо превалює спрацювання від пластичного деформування деталей.

Визначення кількості заліза та інших продуктів спрацювання у маслі полягає в хімічному аналізі відпрацьованого масла. Недоліком методу є неможливість визначити спрацювання кожної деталі вузла, тоді як перевагою – нема потреби розбирати агрегат.

Метод радіоактивних ізотопів ґрунтується на використанні ізотопів вольфраму, сурми чи кобальту, які вводять у поверхневий шар робочої поверхні деталі. Інтенсивність випромінювання масла, що реєструється спеціальними лічильниками, і є показником інтенсивності спрацювання деталі.

Метод штучних баз полягає в нанесенні на робочу поверхню нової деталі спеціальної заглибини – лунки. За зміною розміру заглибини після певного часу експлуатації розрахунком визначають лінійне спрацювання у межах цієї поверхні.

Профілографування базується на визначенні за допомогою профілографа особливо малих спрацювань таких деталей, як поршневі пальці, плунжери.

7.6. Шкідливі процеси, що спричиняють несправності автомобілів

При експлуатації автомобілів, крім спрацьовування, відбуваються й інші процеси, які спричиняють несправності [3]: втомленісне руйнування; хіміко-теплові пошкодження, електроерозійне руйнування, зміни властивостей матеріалу деталей, механічні пошкодження.

Втомленісне руйнування – процес поступового

нагромадження пошкоджень у матеріалі під дією повторно-змінних напруг, що призводить до зменшення довговічності, утворення тріщин і руйнування. Його механізм включає три стадії: нагромадження пружних спотворень кристалічної решітки; виникнення субмікроскопічних тріщин внаслідок досягнення критичних значень пружних напруг; утворення макротріщин і остаточне руйнування деталі.

Появі мікротріщин сприяє наявність у деталях концентраторів напруг – слідів від різального інструмента, подряпин, пазів, неоднорідності металу у вигляді неметалевих вкраплень, пустот тощо. Видимі тріщини на поверхні виникають незадовго до втомленісного руйнування, яке характерне для колінчастих валів, пружин, ресор та інших деталей, які сприймають значні знакозмінні навантаження.

До *хіміко-теплових пошкоджень* належать корозія, накип, нагар, осад, жолоблення [4].

Корозія – руйнування металів внаслідок хімічної чи електрохімічної їх взаємодії з газовим чи рідинним навколишнім середовищем. Процес корозії відбувається на межі поділу двох фаз – «метал – середовище» – внаслідок термодинамічної нестійкості металів.

Руйнування металу в результаті корозії має різний характер. Іноді поверхня металу вкрита суцільним шаром без глибоких місцевих роз'їдань (суцільна корозія). Місцева корозія проявляється у вигляді плям, що вкривають значні ділянки поверхні на невелику глибину (корозія плямами), або у вигляді точкових пошкоджень різної глибини – від невеликих ямок до наскрізного ураження металу (точкова корозія). Найнебезпечнішою формою руйнування є міжкристалітна корозія, яка виникає у приповерхневому шарі металу на межі кристалітів, порушуючи його міжкристалітні зв'язки і значно знижуючи механічні

властивості. Розвиткові такої корозії сприяють динамічні навантаження.

Корозію металів за характером процесів, що відбуваються, поділяють на хімічну та електрохімічну.

При *хімічній корозії* метал вступає у пряму хімічну взаємодію з навколишнім середовищем або з частиною його компонентів, внаслідок чого відбувається руйнування зовнішнього шару металу. Так, у паливній системі відбувається хімічна корозія за рахунок взаємодії з домішками палива (сірководнем, сіркою).

Найбільшої шкоди автотранспорту завдає *електрохімічна корозія*, яка виникає в електролітах і в контакті з вологими газами. На поверхні металу, який перебуває на повітрі, утворюється тонка плівка води, товщина якої залежить від атмосферних умов (температури, вологості повітря тощо). Гази, що є у повітрі, розчиняються у цій плівці, утворюючи на металевій поверхні електроліт. В результаті контакту металу з електролітом відбуваються два процеси: анодний - з утворенням іонів металу в електроліті і надлишкових електронів на анодних ділянках; катодний – пов'язаний з асиміляцією електронів. Кожна пара електрохімічно неоднорідних ділянок металу в присутності електроліту утворює короткозамкнений гальванічний елемент. Отже, поверхня металу стає сукупністю активних гальванічних елементів. При цьому анодні ділянки поверхні руйнуються. Швидкість корозії визначає швидкість найповільнішого процесу.

В умовах експлуатації автомобілів плівка електроліту на металах завжди є, а отже умови для утворення електрохімічної корозії на незахищених металевих поверхнях практично завжди існують.

У вологому і жаркому кліматі на поверхнях виникають грибкові утворення – *плісені*, які сприяють затриманню вологи та руйнують деревину, текстиль,

пластмаси, деякі лакофарбові покриття.

Техніка, що зберігається на відкритих майданчиках, перебуває і під дією прямого сонячного проміння (тепловий ефект і висока концентрація ультрафіолетового проміння) – проявляється хімічному розкладанні пластмас, гуми, тканин і фарб.

Одним з найбільш дієвих факторів зовнішнього середовища є температура, коливання якої спричиняють зміни фізичних властивостей і структури матеріалів, розміри спряжень і деформації деталей з неоднорідних матеріалів. Внаслідок добової зміни температури на поверхні деталей і в агрегатах конденсується волога, яка проникає крізь зазори, тріщини, замерзає і в результаті об'ємного розширення спричиняє їх збільшення і руйнування деталей. Інтенсивному руйнуванню матеріалів сприяє і наявність в атмосфері парів кислот, лугів і солей. Зволожений пил, потрапляючи на лакофарбові покриття машин, спричиняє хімічну реакцію і повільне руйнування покриття. Потрапляння вологи у паливні баки і різні місткості стає причиною погіршення властивостей палив, масел, гальмових та інших експлуатаційних рідин.

Під дією вказаних факторів матеріали органічного походження старіють: лакофарбові покриття втрачають блиск, вицвітають і тріскаються; гумові деталі втрачають еластичність; дерев'яні деталі загнивають, а скляні – тьмяніють. З підвищенням температури й посиленням ультрафіолетового опромінення у структурі пластмас, гумовотехнічних виробів, текстильних матеріалів та інших органічних сполук відбувається жолоблення.

Для захисту деталей від корозії використовують консерваційні мастила і покриття – лакофарбові, пластмасові, гальванічні, хімічні [3].

Накуп утворюється переважно у системі охолодження двигунів – в результаті осадження з води солей кальцію та

магнію ($CaCO_3$, $CaCO_4$, $MgCO_3$, $MgSO_4$), а також механічних домішок води. Накип погіршує охолодження двигуна, що призводить до його перегрівання, погіршує змащування тертьових поверхонь, що підвищує і спрацювання деталей.

Нагар – тверді вуглецеві речовини, що відкладаються на робочих поверхнях деталей двигунів (клапанах, свічках запалювання, форсунках, поршнях, головках циліндрів) під час згоряння палива та масла. Нагар погіршує умови теплопередачі, знижує потужність двигуна, посилює його схильність до перегрівання.

Осади – пастоподібні маси, яка утворюються на стінках картерів двигунів і деталях, розташованих у картерах, а також масляних фільтрах і маслопроводах. Компонентами цих осадів є масло, паливо, продукти їх окислення, продукти спрацювання деталей, пил тощо. Осади погіршують роботу фільтрів, засмічують масляні канали, утруднюють роботу масляних насосів, забруднюють свіже масло.

Жолоблення деталей відбувається в результаті дії високих температур, які призводять до появи в деталях великих внутрішніх напруг. Такі пошкодження характерні для головок блока циліндрів двигуна. Жолоблення деталей найчастіше буває в разі порушення правил експлуатації машин

Електроерозійне руйнування поверхні виникає під впливом розрядів електричного струму. Воно характерне для системи електроустаткування – клемових і штепсельних з'єднань, контактів переривника, електродів свічок запалювання, щіток і колекторів генераторів, стартерів, контактів реле-регуляторів.

Зміна властивостей матеріалу деталей. З часом гумотехнічні вироби та лакофарбові покриття втрачають свої початкові властивості; якорі генераторів змінного

струму під дією магнітних потоків, ударів, нагрівання і інших факторів втрачають магнітні властивості і стають непрацездатними.

Деформація деталей. Під дією навантажень у матеріалі деталі можуть виникнути напруги, які перевищують границю його міцності. В результаті виникає залишкова деформація – пластичне деформування матеріалу, яке призводить до зміни форми і розмірів деталі: згини, скручення, зминання поверхонь, зміна положення посадочних поверхонь тощо.

Вали, площинні деталі, рами автомобілів зазнають *згинання*. Причиною *скручування* деталей (валів, півосей) є перевищення діючого крутного моменту над розрахунковим – в результаті тимчасового перевантаження вузла. *Зминання робочих поверхонь* деталей (різьбові, шпонкові та шліцьові з'єднання, опорні поверхні) виникає в результаті пластичного деформування і текучості металу при навантаженнях, вищих від границі текучості. Воно може поширюватись на весь об'єм деталей або на його частину. При цьому розміри деталей змінюються, але маса залишається сталою.

Руйнування деталей виникає при напругах, які перевищують границю міцності чи границю витривалості металу. Воно проявляється як повне руйнування деталі (злом) або як тріщини та викришування.

Зломи можуть бути спричинені статичним або динамічним навантаженням деталей чи виникати в результаті втоми металу (втомленісні зломи).

Тріщини в деталях виникають під дією шкідливих процесів, які можна поділити на три групи. До першої групи належать дії раптових значних місцевих перенапружень і ударів, наприклад поява тріщин у найбільш навантажених ділянках рам, у корпусних і площинних деталях, поява тріщин у стінках блока циліндрів двигунів і в радіаторах у

результаті замерзання охолоджувальної рідини. До другої групи належать втомленісні тріщини, що виникають в результаті дії тривалих знакозмінних навантажень, до третьої – тріщини теплового походження (наприклад, у перемичках гнізд клапанів головок циліндрів).

Викришування є наслідком втоми металу, наприклад на робочих поверхнях підшипників кочення чи вкладишів підшипників ковзання. Викришування може бути спричинене і дією значного ударного навантаження, наприклад викришування зубів шестерень КПП в результаті неправильного вмикання передач.

Лекція 8. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ

8.1. Види ремонтів автомобілів

Залежно від суттєвих ознак розрізняють різні види ремонтів автомобілів. Так, за плановістю виконання розрізняють плановий і позаплановий ремонти, за регламентацією виконання робіт – регламентований ремонт і ремонт за технічним станом, за ступенем відновлення ресурсу – поточний і капітальний [3].

Плановий ремонт здійснюють відповідно до вимог нормативно-технічної документації, а *позаплановий ремонт* – без попереднього призначення. Його виконують для усунення наслідків відмов і аварій.

Регламентований ремонт – це плановий ремонт, який виконують з періодичністю і в обсязі, встановленими в технічній документації, незалежно від технічного стану виробу на початок робіт.

Ремонт за технічним станом – це плановий ремонт, при якому контроль технічного стану виконують з періодичністю і в обсязі, які встановлених в технічній документації, а початок робіт визначається технічним станом виробу.

Капітальним (КР) є ремонт, при якому забезпечуються справність і повний (або близький до повного) ресурс автомобіля відновленням і заміною складальних одиниць та деталей, включаючи базові. Для сучасних автомобілів і агрегатів ресурс капітально відремонтованих об'єктів повинен становити 80 відсотків від ресурсу нового виробу. Базовим елементом легкового автомобіля і автобуса є кузов, вантажного автомобіля – рама. До базових деталей агрегатів відносять: у двигуні – блок циліндрів; у КПП і ведучих мостах – картер; у

передньому мості – балка чи поперечина незалежної підвіски; у рамі – поздовжні балки.

Капітальний ремонт автомобіля передбачає його повне розбирання, дефектування, відновлення і заміну деталей; капітальний ремонт чи заміну агрегатів і вузлів, складання (з відновленням усіх заданих технічними умовами початкових посадок), регулювання і випробовування.

Капітальний ремонт агрегата включає повне розбирання, дефектування, відновлення чи заміну деталей, складання, регулювання і випробовування.

Агрегат відправляють у КР, якщо:

- базова і основні деталі потребують ремонту, який вимагає повного розбирання агрегату;
- працездатність агрегату не може бути відновлена чи її відновлення проведенням поточного ремонту економічно недоцільне.

За термін служби повнокомплектний автомобіль піддають не менше одного капітального ремонту, не враховуючи капітальних ремонтів агрегатів і вузлів до і після КР автомобіля.

Близько третини всіх відмов за період експлуатації машини до КР припадає на силовий агрегат та його системи (живлення, КПП, зчеплення). Через відмови цих систем трапляється більше половини зупинок. Дослідження характеру відмов деталей автомобілів вказує на спрацювання робочих поверхонь як основну причину виходу з ладу вузлів і всієї машини в цілому. Це яскраво ілюструють наведено в табл. 8.1 дані про причини відмов основних агрегатів і систем вантажних автомобілів, отримані методом спостереження та аналізу відмов.

Поточний ремонт (ПР) – це вид ремонту, при якому частково розбирають автомобіль, встановлюють і усувають несправності в агрегатах і вузлах та заміняють деякі

агрегати, вузли та деталі (крім базових) новими чи відремонтованими. Такий ремонт має забезпечити гарантовану працездатність і сприяє виконанню встановлених норм пробігу автомобіля до КР при мінімальних простоях.

Таблиця 8.1

Причини відмов агрегатів вантажних автомобілів

Відмова	Двигун	Зчеп-лення	КПП	Задній міст	Гальмівна система
Спрацювання	45–50	80–85	65–70	70–75	48–52
Прогорання	18–20	-	-	-	-
Поломка	3–5	3–5	-	-	8–10
Втрата пружності	3–5	-	-	-	1–3
Тріщина	4–7	1–5	9–13	2–5	2–5
Викришування	1–5	-	20–25	20–24	-
Корозія	1–5	-	-	-	2–5

ПР виконують проведенням розбиральних, зварювальних і інших робіт з заміною:

- в агрегаті – окремих деталей, які досягли граничного стану (окрім базових);
- в автомобілі – окремих агрегатів і вузлів, які потребують поточного чи капітального ремонту.

Поточний ремонт повинен забезпечувати безвідмовну роботу відремонтованих агрегатів і вузлів на пробігу не меншому, ніж до чергового другого технічного обслуговування (ТО-2). Це мінімальний за обсягом вид ремонту, при якому забезпечується експлуатація виробу до чергового планового ремонту.

8.2. Організаційні методи ремонту машин

За порядком і умовами виконання ремонтів визначають їх методи. Так, за збереженістю належності ремонтаних об'єктів розрізняють знеособлений та незнеособлений методи організації ремонту.

При *знеособленому* ремонті зберігається належність відновлюваних складових частин автомобіля чи агрегата до певного примірника – саме того, якому вони належали до ремонту. При цьому зберігається деяка взаємна припрацьовуваність деталей, їх первісний зв'язок, завдяки чому, як правило, якість ремонту вища, ніж при знеособленому ремонті. До таких деталей належать, наприклад, ведуча і ведена конічні шестірні головної передачі. Суттєвим недоліком цього методу є ускладнення організації ремонтних робіт і неминуче збільшення тривалості перебування виробу в ремонті.

Знеособлений ремонт не передбачає збереження належності відновлюваних складових частин машини тому самому примірнику. Щоб скоротити простою машини в ПР, його здійснюють переважно агрегатним методом, при якому несправні агрегати та механізми (або агрегати та механізми, які потребують капітального ремонту), замінюють справними – новими чи заздалегідь відремонтованими, взятими з оборотного фонду. Заміна агрегатів може виконуватися після відмови виробу чи за планом. Оснащення автотранспортних підприємств однойменними автомобілями дає значний економічний ефект від впровадження агрегатного ремонту.

Капітальний ремонт можна виконувати двома принципово відмінними методами: індивідуальним і промисловим (індустріальним).

Основна ознака *індивідуального ремонту* – відсутність розкомплектування, тобто зняті деталі та вузли зберігаються за ремонтованим виробом.

Капітальний ремонт автомобілів, як правило, виконують знеособленням агрегатів, а КР агрегатів та механізмів – знеособленням деталей, за винятком тих, які не можна знеособлювати з виробничих міркувань.

8.3. Планово-попереджувальна система ремонту

Своєчасне виявлення й усунення дефектів автомобілів, які виникають в процесі експлуатації, успішно вирішує планово-попереджувальна система ТО і ремонту (ППР). Її суть полягає в тому, що ТО автомобілів виконують за планом (примусово), а ремонтні роботи – за потреби. Тобто це комплекс організаційно-технічних заходів, які виконують у плановому порядку для забезпечення працездатності машин протягом терміну її служби – при дотриманні заданих умов та режимів експлуатації.

Система ППР автомобілів реалізується розробкою річних планів ТО і ремонту, розробкою і здійсненням організаційно-технічних заходів, що забезпечують виконання робіт з ТО і ремонту в установлені планом строки, організації систематичного обліку наробітку машин. Сучасні засоби діагностики дають можливість визначити технічний стан окремих механізмів і агрегатів без їх розбирання і в такий спосіб установлювати їх потребу в профілактичних діях чи ремонтах

Виконання ТО за графіком створює найсприятливіші умови для безвідмовної роботи механізмів і дає можливість своєчасно запобігти виникненню й розвитку різних дефектів. Таким чином, система ППР має профілактичний (попереджувальний) характер.

Отже, надійність автомобілів багато в чому залежить від правильної організації їх ТО і ремонту.

8.4. Ремонтпридатність автомобілів

Під *ремонтпридатністю* розуміють властивість виробу, яка полягає в його пристосованості до попередження, виявлення й усунення відмов і несправностей шляхом проведення ТО і ремонту. Кількісним вираженням цього показника, який

характеризує якість виробу, є витрати праці і засобів для виконання ТО і ремонту [1].

Ремонтпридатність виробу підвищують такими заходами:

- скороченням номенклатури машин;
- конструктивною закінченістю складальних одиниць, які полегшують організацію агрегатного методу ремонту;
- максимальною уніфікацією деталей і складальних одиниць різних моделей автомобілів;
- наявністю у швидкозношувальних з'єднаннях регулювальних пристроїв, компенсаторів і легкозмінних деталей;
- міцністю і стійкістю проти зношення деталей, що забезпечує розрахунковий термін служби;
- можливістю і доступністю технічної діагностики вузлів і агрегатів без зняття їх з автомобілів;
- скороченням потреби машин у ТО.

Уніфікація – це багатократне застосування у конструкції одних і тих же елементів, що сприяє скороченню номенклатури деталей та зменшенню вартості виготовлення, експлуатації та ремонту.

Експлуатаційна надійність автомобілів включає високу довговічність, безвідмовність, безаварійність, стабільність (здатність довго працювати без зниження вихідних параметрів), малий обсяг операцій обслуговування, його простота, живучість (здатність машини при частковому пошкодженні виконувати деякий час свої функції, хоча й на знижених режимах), малий обсяг ремонтних робіт.

При визначенні надійності користуються поняттям відмови автомобілів, тобто будь-якої вимушеної зупинки.

За ступенем важкості відмови поділяють на легкі (невеликі несправності, які виправляються силами обслуговуючого персоналу); середні (несправності та

пошкодження, які вимагають тривалої зупинки машини, часткового розбирання, заміни чи відновлення пошкоджених деталей, яка здійснюється обслуговуючим персоналом і ремонтними службами); важкі (аварії, які припадають на життєво важливі органи машини і вимагають тривалої зупинки на ремонт). Відмови викликаються конструктивними та технологічними дефектами, неправильною експлуатацією чи випадковими факторами. Причиною більшості відмов є дефекти конструкції.

8.5. Загальні відомості про технологічний процес капітального ремонту

Загальна схема технологічного процесу авторемонтного виробництва включає [3]:

- приймання автомобіля в ремонт;
- зовнішнє миття автомобіля;
- розбирання автомобіля на агрегати та вузли;
- очищення і миття деталей;
- дефектування деталей;
- ремонт деталей;
- комплектування деталей;
- складання вузлів та агрегатів;
- обкатування і фарбування вузлів та агрегатів;
- загальне складання, обкатування і фарбування автомобіля;
- здавання відремонтованого автомобіля (агрегата).

Основними етапами технологічного процесу КР автомобіля є: розбиральні, мийно-очищувальні процеси та дефектування деталей; відновлення деталей і вузлів; складальні процеси. Процес ремонту автомобілів чергується з виконанням різних транспортних операцій і операцій технічного контролю.

Перший етап – зняття приладів живлення і електрообладнання та відправлення автомобіля на майданчик зберігання ремонтного фонду. Після цього автомобіль скеровують на пост зовнішнього миття, далі – на пост попереднього розбирання. Там знімають стекла, платформу, сидіння, оббивку та арматуру кабіни, саму кабіну, паливні баки. Зняті частини передають на відповідні пости для ремонту. Дальші роботи виконують згідно з порядком підготовки автомобіля до повного розбирання. Він включає її повторне миття, зливання масла з картерів двигуна, передач, мостів, механізму керування і випарювання картерів водяною парою. Виконання цих робіт істотно впливає на умови праці під час дальшого розбирання, продуктивність і якість ремонту.

Потім автомобіль надходить на пости повного розбирання, де знімають механізм керування, силовий агрегат, мости, підвіску та привод гальмової системи. Усі зняті агрегати та вузли передають на спеціалізовані дільниці та пости для подальших робіт. Раму, що залишилася, миють і передають у ремонт.

Від якості розбирання вузлів і агрегатів залежить збереженість деталей, а отже – і обсяг робіт з їх відновлення. Після розбирання зовнішні й внутрішні поверхні миють і очищають від нагару, накипу, старої фарби, продуктів корозії, смолистих відкладів.

У результаті дефектування і сортування деталей з'ясовують можливість їх подальшого використання в агрегаті чи вузлі, визначають обсяг і характер відновлювальних робіт і потребу в деталях.

Другий етап (відновлення деталей та вузлів) – основний вид робіт на ремонтному підприємстві. Від прийнятих форм організації і технології відновлення деталей залежать якість і економічна ефективність ремонту.

Складання вузлів та агрегатів, як і відновлення деталей, є важливою умовою забезпечення необхідної якості ремонту при оптимальних виробничих умовах. Складність якісного складання під час ремонту зумовлюється використанням на складанні деталей різних категорій. На складання деталі подають комплектами. Складають двигуни на поточкових лініях, агрегати – на спеціалізованих постах.

Випробування агрегатів і вузлів проводять для перевірки якості їх складання і відповідності вихідних характеристик технічним умовам на ремонт, а також для забезпечення попереднього припрацювання спряжених деталей.

Відремонтовані агрегати фарбують після випробування і усунення дефектів – перед загальним складанням. Платформу і кабіну фарбують одразу після відновлення. Після випробувань і фарбування агрегати та вузли передають представникові ВТК, а після цього – на загальне складання автомобіля.

Третій етап – загальне складання – виконують з відремонтованих агрегатів і вузлів на постах або поточкових лініях. Після загального складання автомобіль заправляють паливом і передають на випробування, які проводять пробігом або на стендах. Під час випробувань виконують необхідні регулювання і усувають виявлені несправності. Якщо в ході випробувань виявлено несправності, які не можна усунути регулюванням, машину передають на пост усунення дефектів. Повністю справну машину підфарбовують і здають представникові ВТК або замовникові.

8.6. Удосконалення технології ремонту машин

Підвищення ефективності КР – основний шлях удосконалення технології ремонтних робіт. Перед

розбиранням різьбових з'єднань доцільно вводити у них поверхнево-активні речовини, які полегшують розбирання і запобігають зриванню різьби. Полегшити розбирання заклепкових з'єднань можна застосуванням механізованих пристроїв для висвердлювання заклепок або зрізання їх головок. При розбиранні пресових з'єднань широко застосовують пристрої, пневматичні та гідравлічні преси.

Для поліпшення розбиральних робіт важливим є застосування гайковертів, стендів і кантувачів. Якість мийно-очищувальних робіт можна значно підвищити, використовуючи нові ефективні миючі розчини та високопродуктивні пристрої. Миючі розчини повинні мати високу миючу здатність до різних забруднень, забезпечувати їх швидке видалення, не мати шкідливого впливу на деталі і бути безпечними для працівників.

З екологічних міркувань і для економії води мийно-очищувальні системи створюють замкнутими - з регенерацією і багаторазовим використанням розчинів. Перспективним є зовнішнє миття зануренням у гарячі розчини, при якому зовнішнє миття суміщають з миттям агрегатів і виварюванням рам та кабін.

Перспективним для удосконалення технологічних процесів ремонту є застосування безвідходних і маловідходних технологій відновлення деталей.

Технологічний процес складання вдосконалюють підвищенням технічних вимог щодо комплектування деталей, застосуванням групової взаємозамінності, встановленням оптимальних режимів виконання всіх видів з'єднання деталей.

8.7. Класифікація ремонтних підприємств

Авторемонтний завод – це складне підприємство з великою номенклатурою ремонтованих агрегатів, вузлів і деталей. Якщо додати, що номенклатура замінюваних

деталей досягає кількох тисяч на один автомобіль, а номенклатура матеріалів - 200 назв, то стає очевидним складність обслуговування і управління підприємством [3].

Підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції і зниження її собівартості закладені в спеціалізації виробництва, що передбачає організацію підприємства з виготовлення певного виду виробів, окремих їх частин або виконання певних технологічних процесів. Відповідно розрізняють предметну, подетальну та технологічну (стадійну) види спеціалізації.

Предметна спеціалізація - ремонт повнокомплектних машин. Наприклад, завод з КР автомобілів КрАЗ.

Подетальна спеціалізація - відновлення деталей, вузлів та агрегатів (наприклад, завод з ремонту електрообладнання, двигунів, КПП тощо).

Технологічна спеціалізація - поділ процесу ремонтного виробництва на окремі самостійні частини (стадії). Наприклад, відновлення деталей, ремонт акумуляторів, складання агрегатів з готових і відновлених деталей тощо.

Виробничий процес ремонту – це сукупність дій, які виконують з моменту надходження автомобіля в ремонт і до одержання його капітально відремонтованого. Він включає основні та допоміжні процеси.

Основні процеси складають основне виробництво, яке включає цехи, відділення і дільниці, безпосередньо пов'язані з виконанням технологічного процесу та випуском продукції. Допоміжне виробництво включає процеси, які гарантують нормальне функціонування основного виробництва.

Виробництво може бути організоване за цеховою чи безцеховою структурою. При *безцеховій структурі* виробничі дільниці очолює майстер, при *цеховій структурі* виробничі дільниці об'єднані в цехи, очолювані

начальниками. Оптимальне число робітників у цеху – до 100 чоловік.

Поділ підприємства на цехи та дільниці залежить від потужності підприємства, характеру та ступеня спеціалізації виробництва. Для підприємств середньої потужності, які здійснюють КР повнокомплектних автомобілів, характерна така структура виробництва:

1) основне виробництво: розбиральний цех; цех відновлення та виготовлення деталей; складальний цех;

2) допоміжне виробництво: служба головного механіка; інструментальне господарство; лабораторія;

3) обслуговувальне господарство: склади; транспортне господарство;

4) заводська лабораторія.

Наведена структура АРЗ – орієнтовна, адже залежно від потужності та спеціалізації виробничого процесу може змінюватися за рахунок об'єднання чи диференціації відділень.

Розбиральний цех включає

- розбирально-мийну дільницю, на якій виконують часткове і повне розбирання, попереднє і остаточне миття автомобілів і агрегатів, миття й очищення деталей;

- контрольно-сортувальну дільницю, на якій деталі дефектують і сортують на групи: придатних, таких, що підлягають відновленню, і непридатних; визначають маршрути їх відновлення;

- склад деталей, які очікують відновлення і комплектування деталей за маршрутами відновлення.

Складальний цех має

- комплектувальну і слюсарно-підготовчу дільниці, на яких здійснюють підбір деталей для складальних груп, комплектування пар деталей для групового складання;

- агрегатну дільницю, на якій складають, випробовують і фарбують усі агрегати (окрім);

- дільницю двигунів, призначену для складання, випробувань і фарбування двигунів;
- рамну дільницю, де розбирають, переклеплюють і фарбують рами;
- дільниці складання автомобілів і агрегатів;
- регулювальну дільницю, на якій здійснюють стендові випробування автомобілів і усувають виявлені несправності;
- мідницько-радіаторну дільницю, де відновлюють радіатори, паливні баки та різні трубопроводи;
- дільницю ремонту електрообладнання, на якій виконують роботи з ремонту електроагрегатів, приладів та електропроводки автомобіля;
- дільницю приладів живлення, на якій ремонтують паливні насоси, карбюратори, форсунки;
- акумуляторну дільницю для ремонту і заряджання АКБ.

Цех відновлення і виготовлення деталей включає

- ковальсько-ресорну дільницю, на якій монтують пружні елементи підвісок, відновлюють деталі методом пластичного деформування;
- зварювальну дільницю, на якій відновлюють деталі із застосуванням різних видів зварювання;
- гальванічну дільницю, призначену для розмірного і декоративного покриття деталей гальванічним способом;
- дільницю відновлення деталей із застосуванням синтетичних матеріалів;
- термічну дільницю для термічної обробки деталей;
- слюсарно-механічну дільницю – для відновлення деталей механічною і слюсарною обробкою.

Дільницями допоміжного виробництва є:

- інструментальна, на якій виготовляють і ремонтують засоби технологічного спорядження, заточують інструменти, зберігають і видають пристрої та інструменти;

- ремонтно-механічний відділ, призначений для обслуговування і ремонту устаткування, виготовлення нестандартного устаткування;

- електроремонтна, на якій здійснюють ремонт електродвигунів і електричних установок, ремонт і обслуговування компресорних систем, догляд за освітлювальною мережею;

- ремонтно-будівельна – для виконання робіт з обслуговування і ремонту будівель, споруд, шляхів, водопроводу та водовідведення.

Загальнозаводські склади призначені для приймання, зберігання і видачі матеріалів та напівфабрикатів.

8.8. Організація робочих місць

Первинною і основною ланкою виробництва є робоче місце. Його правильна організація передбачає чітке визначення об'єму та характеру виконуваних робіт, необхідне оснащення, раціональне планування, безпечні умови праці [4].

На кожне робоче місце складають паспорт, у якому зазначають зміст виконуваної роботи, річне завдання в людино-годинах, режим і умови роботи, планування, оснащення і порядок обслуговування робочого місця, порядок розміщення на ньому оброблених деталей.

Оснащення робочого місця повинне відповідати затвердженій технічній документації на виконання робіт.

Організаційне оснащення, яке повинне забезпечувати безперервність роботи, високу продуктивність і зручність, включає:

- засоби для зберігання і розміщення інструментів, пристроїв, технічної документації і предметів догляду за робочим місцем (верстаки, інструментальні шафи, штативи);

- пристрої для розміщення на робочому місці заготовок, деталей, вузлів та агрегатів (стелажі, спеціальна

тара);

- пристрої для забезпечення зручної робочої пози і безпечних умов праці (підйомно-поворотні стільці, грати під ноги, щітки, захисні екрани та окуляри);

- засоби для підтримання чистоти та забезпечення сприятливих умов праці (щітки, совки, урни);

- світильники місцевого освітлення, місцеві вентиляційні та пиловідсмоктувальні пристрої тощо;

- підйомні механізми і пристрої для міжопераційного транспортування заготовок, деталей, вузлів.

Кількість і номенклатуру технологічного оснащення на робочому місці встановлюють згідно технологічного процесу. Воно включає устаткування, вимірювальні, різальні, монтажні та допоміжні інструменти, технічну документацію.

8.9. Технічний контроль на АРП

Якість відремонтованих автомобілів оцінюють за їх відповідністю вимогам технічних умов. Відхилення від них найчастіше виявляється у процесі експлуатації і виражається відмовами вузлів і агрегатів. Більшість випадків невідповідності ремонтних робіт вимогам технічних умов має виявляти наперед технічний контроль – невід’ємна частина технологічного процесу ремонту.

Якість продукції ремонтного підприємства формується послідовно на всіх етапах технологічного процесу. Тому, щоб своєчасно запобігти браку, технічний контроль треба максимально наблизити до основних технологічних операцій. Він повинен виключити будь-які можливості появи неприпустимих відхилень на всіх етапах.

До завдань служби технічного контролю входять:

- вхідний контроль якості сировини, напівфабрикатів, матеріалів і комплектуючих виробів, що надходять на підприємство;

- контроль точності технологічних процесів,

устаткування і спорядження; якості інструментів та пристроїв, які виготовляють на підприємстві;

- контроль зберігання сировини, матеріалів та напівфабрикатів;

- приймальний контроль деталей, вузлів, агрегатів і автомобілів після ремонту; маркування прийнятої і забракованої продукції, її документальне оформлення; контроль комплектності, упаковки і консервації продукції;

- аналіз дефектів, які виявляють у процесі виробництва, випробувань і експлуатації.

Технічний контроль на ремонтних підприємствах класифікують за кількома ознаками. Залежно від етапу виробництва – вхідний, операційний, приймальний, експлуатаційний, за охопленням – суцільний і вибірковий.

Вхідний контроль служить для перевірки ремфонду, запчастин, напівфабрикатів, матеріалів, іншої продукції, які надходять на підприємство і використовуються для забезпечення виробничої діяльності заводу.

Операційний контроль виконують після завершення певних технологічних операцій. Враховуючи те, що найбільша ефективність контролю досягається при максимальному його наближенні до технологічних операцій, доцільно і економічно контроль у процесі ремонту здійснювати контролерами ВТК, технологами та майстрами, а також робітниками, зайнятими на виконанні цих операцій. Це дає можливість при обмеженій чисельності ВТК здійснити оперативний і надійний контроль.

Приймальний контроль – контроль продукції, за результатами якого приймають рішення про її придатність для використання. Його здійснюють на постах, розташованих на окремій частині виробничих площ або на лінії технологічного процесу. Приймальний контроль включає в себе перевірку деталей після обробки; вузлів і агрегатів після складання і припрацювання; автомобілів

після складання і припрацювання. Пости ВТК розміщують і оснащують згідно їх призначення і спеціалізації, наприклад пост контролю колінчастих валів тощо. Приймальному контролю піддають 100% відремонтованих на заводі машин.

Експлуатаційний контроль – перевірка правильності виконання обкатування агрегатів/автомобілів в умовах експлуатації; контроль за додержанням періодичності та обсягу ТО, наліз інформації щодо надійності продукції.

Суцільний контроль охоплює перевірку всієї продукції.

Вибірковий контроль – перевірка однієї чи кількох одиниць з певної партії продукції.

За підсумками приймально-здавальних випробувань автомобіля приймають рішення щодо його придатності для використання. У паспорті відремонтованих машин робиться позначка представника ВТК заводу про придатність для експлуатації.

Структуру ВТК визначають, виходячи із завдань, які вирішує ця служба. Так, ВТК ремонтного підприємства повинен мати в своєму складі кілька структурних груп. На підприємствах з невеликою програмою такі групи можна об'єднувати.

Оптимальним для більшості ремонтних підприємств є наявність трьох структурних підрозділів ВТК: група вхідного контролю, заводська лабораторія і група експлуатаційного контролю.

Одним з важливих етапів організації контролю є підбір кадрів. Працівник ВТК повинен добре орієнтуватися в технологічному процесі, вміти виявляти не тільки дефекти продукції, а й причини, що їх породили. Середній розряд контролера має бути вищий, ніж у виконавців технологічних операцій.

Лекція 9. ПРИЙМАННЯ АВТОМОБІЛІВ В РЕМОНТ І ВИДАЧА ЇХ З РЕМОНТУ

9.1. Загальні положення

Автомобілі та їх складові частини в капітальний ремонт приймає представник АРП, який складає приймально-здавальний акт за результатами зовнішнього огляду, випробувань пробігом на контрольно-випробувальних стендах або із застосуванням інших засобів об'єктивного контролю та діагностики, за потреби – розбирання в складових частин.

У КР об'єкт приймають при наявності:

- гарантійного листа, паспорта встановленої форми (для автомобіля і двигуна, які вже проходили КР) і технічного паспорта автомобіля;
- гарантійного листа, довідки про стан складових частин і паспорта встановленої форми (для двигунів, які вже проходили КР).

Автомобілі та їх складові частини при здачі в ремонт мають бути комплектними. Встановлено першу і другу комплектності автомобілів і їх складових частин, які здають у КР і одержують з нього.

Перша комплектність – повнокомплектні автомобілі з кузовами, кабінами, платформами, усіма складовими частинами, приладами та деталями, передбаченими конструкцією конкретного автомобіля, включаючи запасне колесо, без комплекту інструментів. Дозволені відхилення в комплектності автомобілів у межах конструктивних змін, прийнятих за період випуску даної моделі.

Друга комплектність відрізняється від першої тим, що автомобілі здають у ремонт і видають з ремонту без платформи, металевого кузова, спеціального обладнання та деталей їх кріплення на шасі.

Двигун першої комплектності – двигун у зборі з усіма

вузлами, встановленими на ньому - помпа, компресор, вентилятор, зчеплення, паливна апаратура, прилади систем охолодження і мащення, електрообладнання і прилади системи випускання газів без глушника та приймальної труби.

Двигун другої комплектності – двигун у зборі з зчепленням без вентилятора, водяного насоса, компресора, насоса, гідравлічного підсилювача рульового привода, повітроочисника, масляних фільтрів, водяних патрубків, генератора, стартера, датчиків контрольних приладів, системи вентиляції картера, карбюратора, наливних насосів, паливопроводів, розподільника і свічок запалювання.

Автомобілі, які здають у КР, мають бути укомплектовані придатними для експлуатації АКБ, всіма колесами (включаючи запасне) з шинами, накачаними і придатними для експлуатації. Шини мають бути без пошкоджень з висотою рисунка протектора для пасажирських автомобілів не менш як 1 мм, інших – не менш як 0,5 мм.

При некомплекті деталей у складових частинах, а також заміни деталей непридатними, автомобілі та їх складові частини в ремонт не приймають, про що зазначають у приймально-здавальних актах.

У КР не приймають вантажні автомобілі, якщо їхні кабіни та рами підлягають списанню, а також автобуси, легкові та вантажопасажирські автомобілі, якщо їхні кузови підлягають списанню.

Агрегати та вузли автомобілів, які здають у ремонт окремо, не приймають у КР, якщо під час приймання виявлено, що їхні базові деталі (або основні деталі складальних одиниць, які не мають базових деталей) підлягають списанню у брак за діючими нормативними документами на КР автомобілів і агрегатів відповідних

моделей.

Приймання, зберігання і видачу у виробництво ремфонду організують з відповідного складу, який включає майданчик для приймання і зберігання ремфонду, майданчик для автомобілів, прийнятих на зберігання, майданчик для зберігання списаних автомобілів. Габаритні розміри майданчиків визначають, виходячи з розрахункової кількості перехідного запасу, нормальних проходів, проїздів і протипожежних розривів між об'єктами зберігання. Для зливання з агрегатів мастил обладнують естакади. Для раціонального використання площ складу ремонтного фонду використовують багатоярусні стелажі для зберігання агрегатів, а переміщення агрегатів здійснюють краном-штабеллером. Ремонтний фонд підприємства розміщують за марками автомобілів і агрегатів, а кожному об'єкту присвоюють номер замовлення.

Випускають автомобілі з КР відповідно комплектності. Параметри автомобілів та їхніх складових частин мають відповідати встановленим для нових автомобілів з усіма колесами (без запасного), передбаченими конструкцією, з накачаними і придатними для експлуатації шинами. Щоб обмежити навантажувальні режими протягом періоду обкатування, двигуни першої комплектності повинні мати опломбовані обмежувальні пристрої.

До об'єкта, який випускають з КР, додають документацію:

- до автомобіля: паспорт автомобіля з позначкою про виконаний ремонт, паспорт капітально відремонтованого автомобіля і двигуна, інструкцію з експлуатації;

- до двигуна: паспорт та інструкцію з експлуатації.

Складаючи приймально-здавальні акти, виконують зовнішній огляд, перевіряють якість регулювань,

контролюють наявність палива, мастил, охолоджувальної рідини, проводять стендові випробування складових частин, випробування двигунів, випробування автомобілів пробігом. Результати контролю вносять до журналу випробувань автомобілів та їх складових частин за формою, встановленою авторемонтним підприємством.

9.2. Зовнішнє очищення і миття автомобілів і агрегатів

Автомобілі перед здаванням у КР треба старанно очистити від забруднень і вимити, причому перед початком цих робіт з автомобілів знімають електричні прилади, акумулятори, гумові та інші деталі, які можна пошкодити миючими розчинами.

Мийні операції звичайно виконують у три етапи:

- зовнішнє миття автомобіля (агрегата) з одночасним випарюванням (промиванням) картерів;
- миття частково розібраних агрегатів для видалення смолистих відкладень, накипу і залишків масел;
- миття й очищення рами і деталей після повного розбирання.

Вибір способу очищення залежить від ступеня забрудненості автомобіля і виду забруднень. Так, бруд і пил, просочений нафтопродуктами, смолисті та інші забруднення знімають звичайно вручну – скребачками.

Для зовнішнього миття використовують насоси низького тиску (0,3–0,4 МПа), пересувні струминні установки високого тиску або пароводоструминні машини. Вода з насоса надходить у мийні пістолети, які дають можливість мати розсіяну або зосереджену (кінджальну) струмину.

Одночасно з очищенням треба пропарити і промити системи мащення і охолодження. Агрегати миють у струминних камерних установках тупикового та

конвеєрного типів.

Для зовнішнього миття використовують розчини миючих речовин, наприклад – кальцинованої соди. Під час миття необхідно дотримувати правил охорони праці, встановлені для робіт з хімічно активними речовинами.

9.3. Вхідний контроль ремонтного фонду

Вхідний контроль – це перевірка ремонтного фонду, запасних частин, напівфабрикатів, матеріалів та іншої продукції, що надходить на підприємство. Від його результатів залежить якість відремонтованих виробів. Адже причинами низькоякісного ремонту є:

- порушення умов на контроль і сортування деталей – 20%;
- порушення технології відновлення деталей – 15%;
- неякісні запасні частини – 25%;
- порушення технічних умов на складання і випробування – 40%.

Тобто одна з основних причин низькоякісного ремонту – незадовільний стан вхідного контролю.

Операції вхідного контролю не повинні порушувати встановленого ритму виробництва, мають відповідати вимогам на приймання і бути придатними для використання в основному виробництві.

Комплектуючі вироби, запасні частини, сировина, матеріали та напівфабрикати піддають вибірковому контролю, оскільки його результати цілком достатні для оцінки якості і придатності для виконання. А ремфонд – суцільному з індивідуальною перевіркою кожного об'єкта.

Для приймання автомобілів обладнують спеціальні пости контролю, які розміщують безпосередньо в зоні зберігання ремфонду чи поблизу, на відосблених майданчиках (рис. 9.1). Бажано, щоб ці пости були за межами основної виробничої зони і обладнані

випробувальним стендом. Випробовуваний автомобіль вкочують ведучими колесами на барабани і після пуску двигуна послідовним вмиканням передач розганяють його. Вважається, що автомобіль витримав випробування, якщо він розвиває швидкість не нижче 30–40 км/год.

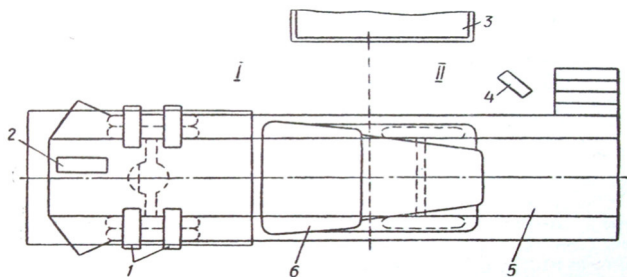


Рис. 9.1. Пост приймання автомобіля: I – зона контролю роботи автомобіля; II – зона контролю комплектності автомобіля; 1 – стенд з біговими барабанами; 2 – махова маса стенда; 3 – кабіна контрольного майстра; 4 – пульт контрольних приладів; 5 – оглядова канава; 6 – автомобіль

Пости контролю для приймання двигунів (рис. 9.2) обладнують контрольним майданчиком, кабіною чи окремим приміщенням для контролера. Контрольний майданчик рекомендується обладнувати в закритому приміщенні з опаленням і добрим освітленням.

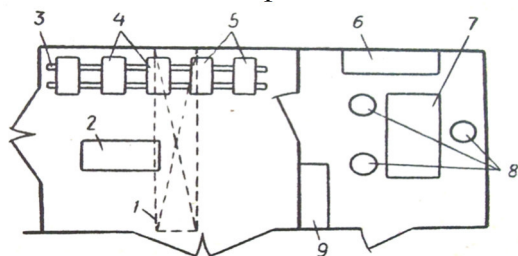


Рис. 9.2. Пост приймання двигуна у ремонт: 1 – кран-балка; 2 – кантувач; 3 – стелаж; 4 – двигуни, які пройшли контроль; 5 – двигуни, які очікують на контроль; 6 – шафа для документації; 7 – стіл контролера; 8 – стілець; 9 – інструментальна шафа

Двигуни, що здають у ремонт, повинні відповідати вимогам стандартів і технічним умовам. Параметри контролю наводять у відомості технічного контролю двигунів під час приймання їх у ремонт.

При організації вхідного контролю використовують статистичні методи. Обсяг і період вибірки залежить від стабільності, продуктивності та інших факторів і визначається дослідним способом.

Продукцію постачальників (запчастини, комплектуючі вироби, матеріали) перевіряють на якість, а потім передають на склад на зберігання. Контроль за якістю зберігання входить до функції вхідного контролю.

Зміст і обсяг вхідного контролю наведені в табл. 9.1.

Коли ж у ході виробництва виявиться потреба у введенні додаткових операцій вхідного контролю, то спочатку визначають їх економічну ефективність і доцільність, а за основний критерій приймають зменшення числа замін комплектуючих виробів зовнішнього постачання. Одержаний економічний ефект порівнюють із витратами на впровадження вхідного контролю.

Таблиця 9.1

Зміст і обсяг вхідного контролю

Контроль	Параметр	Обсяг підготовки
Зовнішнього вигляду	Функціональна придатність	Забезпечення конструкторською документацією; затвердження еталонів зовнішнього вигляду
Геометрії	Складальність	Розробка технологічних процесів контролю; забезпечення всіма контрольно-вимірювальними інструментами та приладами
Випробування: визначальні	Роботоздатність	Розробка методик випробувань; забезпечення випробувальним обладнанням
Випробування: періодичні	Надійність	

Економічний ефект від впровадження вхідного

контролю полягає у зменшенні витрат на заміну дефектних виробів під час технологічних випробувань, обкатки та експлуатації машин. До витрат, пов'язаних з впровадженням вхідного контролю, входять капітальні витрати (проектування, виготовлення, монтаж і налагодження устаткування, вартість виробничих площ) і заробітна плата контролерів. Якщо сума витрат на його впровадження менша від витрат на заміну дефектного виробу до впровадження вхідного контролю, то контроль економічно доцільний.

9.4. Технічна діагностика під час ремонту

Основою процесу управління якістю ремонту автомобілів є відомості про їх стан, тобто сукупність властивостей, які не тільки визначають надійність роботи, а і є важливими для прийняття тих чи інших організаційно-технічних рішень.

Тому на етапі приймання машин у ремонт надзвичайно важливо визначити технічний стан як автомобіля в цілому, так і його агрегатів. Це можливо завдяки використанню технічної діагностики – науки про розпізнавання стану технічної системи. Технічна діагностика має відповідати вимогам однозначності і повторюваності. Однозначність дає можливість одержувати об'єктивну інформацію про стан об'єкта діагностики незалежно від зовнішніх умов. Повторюваність зумовлює ідентичність оцінок того самого стану об'єкта незалежно від кількості вимірювань різними діагностичними засобами.

Розвиток технічної діагностики веде до якісних змін технології ремонту автомобілів і дає змогу раціонально планувати виробничий процес і гарантує ритмічність у роботі підприємства.

Лекція 10. ТЕХНОЛОГІЯ РОЗБИРАЛЬНИХ РОБІТ

10.1. Організація розбиральних робіт

У ремонті автомобілів важливе місце належить розбиральному процесу, адже деталі, які є кінцевим продуктом цього процесу, потім використовують у виробництві без ремонту чи після відновлення. Тому під час розбирання автомобілів, їх агрегатів і вузлів треба забезпечувати максимальну збереженість деталей.

Кількість придатних деталей і трудомісткість відновлення тих, що потребують ремонту, залежать від організації і технології виконання розбірних робіт. Тріщини, погнутість, обломи, зрив різьби та інші дефекти в деталях часто виникають в результаті порушень технологічних прийомів розбирання.

Різні групи деталей, які отримують після розбирання, вимагають від виробництва різних витрат. Придатні деталі обходяться виробництву приблизно в 6–10% від їх преїскурантної ціни, відновлені – у 30–40%, а заміна деталей – 110–150%. Якісне розбирання підвищує збереженість деталей, скорочує подальші операції ремонту, впливає на якість і собівартість продукції.

Розбиральний процес – сукупність різних операцій з роз'єднання у певній послідовності об'єкта ремонту до деталей. Він включає мийно-очищувальні, власне розбиральні, підйомно-транспортні та контрольньо-сортувальні роботи. На частку власне розбиральних робіт припадає 60–65% загальної трудомісткості.

Розбирання автомобілів під час КР виконують у такому порядку: загальне розбирання на агрегати, вузли та деталі, розбирання агрегатів на вузли та деталі; розбирання вузлів та складальних одиниць на деталі. Так, розбирання автомобіля починається із знімання кузова, паливних баків, радіаторів, приладів електрообладнання і паливної

апаратури. Потім від'єднують механізми керування і пуску двигуна, виключання зчеплення, рульового керування, керування гальмами та ін. Далі з рами знімають двигун, КПП тощо. В останню чергу від'єднують ходову частину автомобіля (передній і задній мости), і на місці розбирання залишається тільки рама.

На процес розбирання істотно впливає його організація. Залежно від типу виробництва розбирання може бути організоване на стаціонарних постах або потокових лініях.

Пост – частина виробничої площі з необхідним устаткуванням, пристроями та інструментами, на якій виконують певні операції технологічного процесу. Пост може включати одне чи кілька *робочих місць* – зон трудової діяльності одного чи кількох робітників. Окрема одиниця устаткування, наприклад стенд для розбирання двигуна, вважається одним робочим місцем. Кожна позиція конвеєра, незалежно від числа робітників на даній позиції, також вважається одним робочим місцем. Якщо устаткування призначене для обслуговування певного робочого місця розбирання, то воно належить до цього робочого місця і не є самостійним. Так, верстат для відкручування гайок ресор – не самостійне робоче місце, а обслуговує робоче місце розбирання мостів автомобіля.

Основні організаційні форми розбирання – непотокова і потокова. При непотоковій організації розбирання виконують на універсальних, спеціалізованих або змішаних постах. Коли процес розбирання організовано на потоці, об'єкти ремонту можуть бути нерухомими чи пересуватись.

При поточковому способі устаткування і робочі пости розміщують одне за одним у порядку виконання операцій технологічного процесу, який виконують на кількох постах, причому послідовність і обсяг операцій та число робітників на постах такі, що за певний проміжок часу (такт потокової

лінії) розбирають один виріб.

Тактом розбирання є проміжок часу між розбиранням двох послідовних автомобілів чи агрегатів на потоковій лінії, тобто проміжок часу, через який останні складові частини об'єкта ремонту, що його розбирають, знімають з останнього поста (робочого місця) потокової лінії

Потоковий спосіб розбирання автомобілів на агрегати здійснюють за допомогою конвеєрів. Агрегати на вузли і деталі розбирають на стендах, естакадах чи конвеєрах. Потокова форма організації процесу розбирання дає можливість поліпшити якість розбирання, підвищити продуктивність праці і знизити собівартість робіт. Вона дозволяє зосередити однойменні технологічні операції на спеціалізованих постах, скоротити кількість однойменних інструментів, збільшити інтенсивність використання оснащення і суттєво підвищити продуктивність праці.

Організація процесу розбирання має забезпечувати ритмічність усього виробничого процесу. Тому потрібно передбачати якнайшвидшу передачу розібраних деталей на подальші операції технологічного процесу, оскільки це має вирішальний вплив на загальний ритм АРП. Таку передачу доцільно організувати із застосуванням транспортувальної тари. Наявність у достатній кількості спеціальної оборотної тари різко скорочує час на вантажно-розвантажувальні роботи і підвищує збереженість деталей під час транспортування.

10.2. Технологічний процес розбирання

Технологічний процес розбирання залежить від конструктивних особливостей автомобіля, який розбирають. При розбиранні виконують такі вимоги:

- виключають можливість спотворення геометричних параметрів;
- забезпечують максимальний фронт робіт, у яких

застосовують механізовані інструменти та устаткування при мінімальних витратах часу на допоміжні операції;

- обов'язково зберігають комплектність вузлів;

- застосовують тимчасову консервацію для захисту незахищених поверхонь від корозії.

Проектування техпроцесу розбирання включає:

- раціональний розподіл виробу на розбиральні групи і підгрупи;

- визначення змісту розбиральних операцій і їх послідовності;

- встановлення режимів розбирання і норм часу на виконання розбиральних операцій;

- призначення технічних умов на розбирання виробів, вузлів та окремих спряжень;

- визначення способів і засобів для міжопераційного транспортування виробів;

- оформлення технічної і технологічної документації.

Технологічну документацію оформляють у вигляді маршрутної карти, в якій наведені раціональна послідовність виконання операцій, устаткування, пристрої та інструменти. А на кожен операцію складають операційні карти.

Деталі деяких спряжень, які під час виготовлення обробляють разом, у процесі розбирання не можна знеособлювати одну відносно одної – картер зчеплення і блок циліндрів, кришки корінних підшипників (блок циліндрів, кришки шатунних підшипників), шатуни тощо. Деталі, які не підлягають знеособленню, після розбирання знову з'єднують болтами або зв'язують.

Агрегати розбирають на деталі у два етапи. Спочатку їх частково розбирають – для полегшення миття і очищення. Так, у двигуні знімають піддон картера, головку циліндрів, кришки клапанних коробок і розподільних шестерень; у КПП – кришку картера тощо. Після миття агрегати

повністю розбирають на деталі.

Технологічний процес має передбачати повне розбирання з'єднань на деталі, в тому числі і заклепкових, що необхідно для якісного очищення деталей, ретельного контролю і визначення можливості їх ремонту. Нерідко в деталях бувають тріщини, що йдуть від отвору під заклепку навіть у неослабленому заклепковому з'єднанні. Виявити такі тріщини без повного розбирання заклепкового з'єднання неможливо.

При розбиранні машин, агрегатів і вузлів доводиться мати справу з рухомими й нерухомими з'єднаннями, які поділяють на розбірні та нерозбірні.

Розбірними є з'єднання, які можна розібрати без пошкодження спряжених деталей. Кількість розбірних з'єднань в автомобілях, залежно від конструктивних особливостей, становить 70–80 відсотків усіх з'єднань. Решта з'єднань – нерозбірні, хоча деяку частину цих з'єднань все-таки розбирають.

Нерухомі нерозбірні з'єднання деталей з плоскими поверхнями виконують за допомогою зварювання, паянню, клепання, а деталі з гладенькими циліндричними поверхнями – за допомогою зварювання, склеювання, розвальцьовування і гарячих пресових посадок.

Нерухомі розбірні з'єднання із спряжуваними плоскими поверхнями виконують за допомогою болтів, шпильок, вкручуваних у різьбові отвори однієї з деталей. Деталі з циліндричними поверхнями з'єднують за допомогою відповідних посадок, а також шліців, різьби і додаткових деталей: шпонок, штифтів, клинів.

Рухомі розбірні з'єднання застосовують для деталей з гладкою циліндричною чи шліцьовою поверхнею. Найбільш розповсюджені з'єднання в конструкції автомобіля – різьбові, які становлять 60–70 відсотків його з'єднань. Можуть бути також з'єднання деталей із

застосуванням посадок з натягом. У таких з'єднаннях найчастіше застосовують підшипники (близько 28%), втулки (23%), шестірні (13%), пальці, осі, штифти (11%), сальники (8%) та ін.

До основних видів розбірних робіт можна віднести розбирання різьбових з'єднань і з'єднань з гарантованим натягом. Трудомісткість розбирання цих видів з'єднань становить близько 60% усієї трудомісткості власне розбірних робіт.

10.3. Механізація розбиральних процесів

Якість виконання розбиральних робіт залежить насамперед від рівня їх механізації, тобто використання спеціального устаткування і підйомно-транспортних пристроїв під час виконання цих процесів.

В організації розбиральних робіт велику увагу слід приділяти механізації пересування автомобілів, агрегатів, вузлів і деталей. Для цього застосовують конвеєри, гідравлічні підйомники, стенди, естакади, підвісні кран-балки, преси та інше устаткування. Так, для транспортування агрегатів, деталей і вузлів на окремих виробничих ділянках і між цехами великого поширення набули підвісні вантажні конвеєри – несучі, штовхальні і тягові (рис. 10.1).

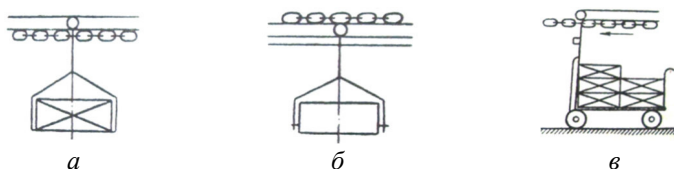


Рис. 10.1. Підвісні вантажні конвеєри:
а – несучі, б – штовхальні; в – тягові

Як підйомно-транспортні засоби використовують кран-балки, роликові конвеєри, консольно-поворотні крани,

оснащені електротельферами чи підйомниками а також монорейки – однорейкові колії з балки двотаврового перерізу, прикріплено до силових елементів будівельних конструкцій (рис. 10.2). По коліях переміщують спеціальні роликові візки.

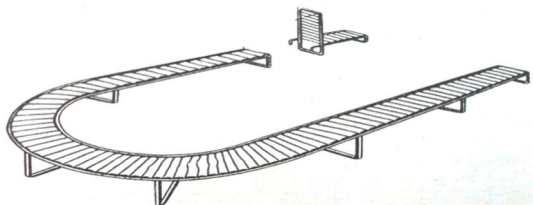


Рис. 10.2. Схема монорейки

Для встановлення і закріплення агрегатів та вузлів, які потребують розбиранню, застосовують стени (рис. 10.3), установки, естакади, конвеєри. Їх класифікують за числом встановлюваних агрегатів (одно- і багатомісні), характером і способом їх закріплення та призначенням (універсальні та спеціалізовані).



Рис. 10.3. Стенд для розбирання і складання двигунів

Для розбирання двигунів на рухомих постах потокової лінії, крім конвеєра, застосовують стенд-естакаду (естакадний конвеєр).

Основне устаткування для розбирання посадок з натягом – преси і знімачі. Залежно від напрямку дії створюваного зусилля розрізняють преси вертикальні і горизонтальні, за характером використання – стаціонарні і переносні, за призначенням – універсальні і спеціальні, за конструкцією – ручні і приводні. Ручні преси бувають рейкові, гвинтові і ексцентрикові, а приводні – гідравлічні, пневматичні, пневмогідравлічні та електромагнітні. Знімачі звичайно застосовують з механічним, гідравлічним або пневматичним приводом (для розбирання спряжень з зусиллям до 30 кН застосовують механічний і пневматичний приводи, а при більших зусиллях рекомендується гідравлічний привод).

У процесі розбиральних робіт значне місце належить розбиранню різьбових з'єднань – близько 70% усіх з'єднань машини. Трудомісткість їх розбирання складає 25–64% загальної трудомісткості розбиральних робіт. Застосування механізованих інструментів значно скорочує час розбирання і підвищує продуктивність праці. Крім того, застосування механізованих інструментів сприяє збереженню значної кількості кріпильних деталей, придатних для повторного використання.

Для розбирання різьбових з'єднань основним механізованим інструментом є гайковерти, які за типом двигуна поділяють на електричні, пневматичні та гідравлічні (табл. 10.1). За конструктивним вирішенням вони є ручними, підвісними і стаціонарними.

Розглянемо принцип роботи електрогайковерта (рис. 10.4). Від асинхронного електродвигуна 8 через редуктор 7 крутний момент передається на кулачкові муфти

6, які обмежують граничний момент. Муфти знаходяться в зачепленні під дією пружини 5, зусилля якої регулюється гайкою 4, що розташована на вихідному валу. Муфта 3 нерегульована; вона служить для включення робочого наконечника 1. В неробочому стані муфта 3 під дією пружини 2 розімкнена. У момент початку роботи в результаті натиснення на інструмент долається опір пружини 2 і муфта 3 включається.

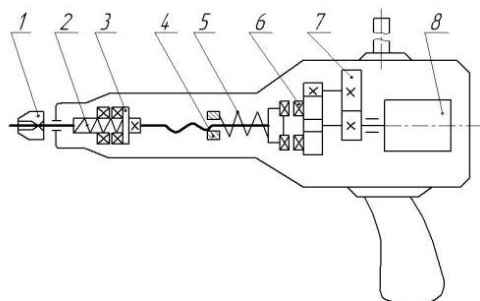


Рис. 10.4. Електричний гайковерт: 1 – робочий наконечник; 2, 5 – пружини; 3, 6 – муфти; 4 – гайка; 7 – редуктор; 8 – двигун

Розглянемо принцип роботи електрогайковерта (рис. 10.4). Від асинхронного електродвигуна 8 через редуктор 7 крутний момент передається на кулачкові муфти 6, які обмежують граничний момент. Муфти знаходяться в зачепленні під дією пружини 5, зусилля якої регулюється гайкою 4, що розташована на вихідному валу. Муфта 3 нерегульована; вона служить для включення робочого наконечника 1. В неробочому стані муфта 3 під дією пружини 2 розімкнена. У момент початку роботи в результаті натиснення на інструмент долається опір пружини 2 і муфта 3 включається.

Таблиця 10.1

Порівняльні характеристики гайковертів

Параметр	Гайковерт		
	електричний	гідравлічний	пневматичний
Відношення крутного моменту до маси інструмента, Н·м/кг	0,7–1	2,5–3	2,0–2,5
Коефіцієнт корисної дії	40–50	55–60	7,0–11
Маса інструмента, кг	8,0–10	2,5–3	2,0–2,5

Широко поширені електрогайковерти, які працюють на струмі підвищеної частоти (180–200 Гц) з напругою 36 В. Пневматичні гайковерти безпечні і надійні в роботі, не бояться перевантажень, живляться стиснутим повітрям ($p=0,5\dots0,6$ МПа). Проте їх застосування як переносних не завжди може бути використане.

Вибираючи інструменти, слід керуватися крутним моментом, необхідним для відкручування різьбового з'єднання (табл. 10.2).

Крутний момент, необхідний для загвинчування різьбового з'єднання, визначається за формулою:

$$M_{\text{зат}} = P_{\text{зат}} \frac{d_{\text{ср}}}{2} + \tan(\alpha + \rho) + \frac{M}{3} \frac{D_{\text{н}}^3 - D_{\text{в}}^3}{D_{\text{н}}^2 - D_{\text{в}}^2}, \quad (10.1)$$

де $P_{\text{зат}}$ – зусилля загвинчування;

$d_{\text{ср}}$ – середній діаметр різьби;

α – кут підйому різьби;

ρ – кут тертя у різьбовому з'єднанні;

μ – коефіцієнт тертя на опорному торці гвинта/гайки;

$D_{\text{н}}$ – зовнішній діаметр опорного торця болта/гвинта;

$D_{\text{в}}$ – діаметр отвору під гвинт/болт.

Зусилля загвинчування у випадку, коли з'єднання навантажене силою Q і закріплена деталь не працює на зріз, визначається як:

$$P_{зам} = (k_3 Q) / f, \quad (10.2)$$

де f – коефіцієнт тертя у парі.

Величину крутного моменту $M_{кр}$ (у Н) при викручуванні гайки можна орієнтовно визначити із формули:

$$M_{кр} \approx 0,1 d \sigma_e^3, \text{ Н}, \quad (10.3)$$

де d – зовнішній діаметр різьби;

σ_e – межа міцності матеріалу гвинта/болта/шпильки.

Таблиця 10.2

Залежність крутного моменту від розміру різьби

Різьба	M10	M12	M14
Крутний момент, Нм	50–120	80–200	120–250
Різьба	M16	M18	M20
Крутний момент, Нм	150–300	150–300	200–400

З усіх різновидів з'єднань деталей у машині близько 20% становлять пресові, тобто з натягом.

При використанні механічного способу розбирання таких з'єднань основним параметром є зусилля, що розвиває прес або знімач – зусилля випресовування:

$$P_{вип} = \frac{\pi l N_{розр} f}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right)}, \quad (10.4)$$

де f – коефіцієнт тертя в з'єднанні з натягом при випресовуванні;

$N_{розр}$ – розрахунковий натяг, який визначають у процесі конструювання машини, виходячи із заданих навантажень, прийнятих розмірів і матеріалу:

l – довжина з'єднання, мм;

C_1 і C_2 – коефіцієнти Ляме;

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

Необхідне для запресування шківів, шестерень і втулок зусилля P_3 (у Н) можна наближено визначити за формулами:

для сталених маточини і вала

$$P_3 = 2N_{max}l; \quad (10.5)$$

для чавунної маточини і сталюого вала

$$P_3 = 1,15N_{max}l, \quad (10.6)$$

де N_{max} – найбільший розрахунковий натяг, мкм;

l – довжина маточини, мм.

Зусилля випресування перевищує зусилля запресування в 1,5–2 рази.

При конструюванні пристроїв для розбирання з'єднань з натягом розраховують зусилля випресування для конкретного з'єднання. Так, для визначення зусилля випресування кілець підшипників P_{en} (у Н) застосовують формулу:

$$P_{en} = \{d/(d+30)\} \{fE\pi DB N_{розр}/2 K_n\}. \quad (10.7)$$

де d – номінальний діаметр отвору підшипника, мм;

f – коефіцієнт тертя у спряженні (0,10–0,25);

E – модуль пружності матеріалу підшипника (для сталі $E=2,2 \cdot 10^5$ МПа);

B – ширина опорного кільця підшипника, мм;

$N_{розр}$ – розрахунковий натяг, мм;

K_n – коефіцієнт, який характеризує серію підшипника (для легкої серії – 2,78, середньої – 2,27, важкої серії – 1,96).

При підборі преса необхідне зусилля P_3 запресування також можна орієнтовно визначати за формулою:

$$P_3 = f p \pi d l, \quad (10.8)$$

де f – коефіцієнт тертя при посадці з натягом;

p – питомий тиск на контактних поверхнях, МПа;

d – діаметр запресованої деталі, мм;
 l – довжина запресованої деталі, мм.

При розбиранні пресових посадок широко застосовують електричні, пневматичні чи гідравлічні знімачі, кожен з яких має свої переваги і недоліки.

Для створення належних умов праці механізований інструмент бажано закріплювати на підвісках над місцем розбирання вузлів чи автомобілів. Конструктивно підвіски поділяють на еластичні і жорсткі (рис. 10.5). Еластичні підвіски (з циліндричною і спіральною пружинами, які не приймають на себе реактивний крутний момент) слід застосовувати для інструмента, який розвиває крутний момент до 120 Н·м. Жорстка підвіска зручніша в користуванні і її можна застосовувати для інструмента з крутним моментом вище 120 Н·м.

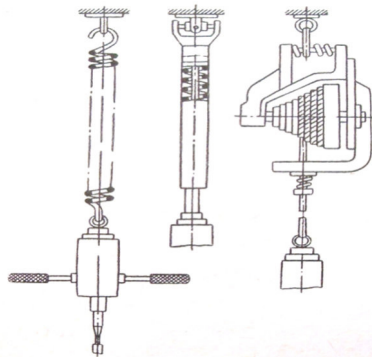


Рис. 10.5. Схеми підвісок

Деталі розібраних агрегатів знежирюють і миють, очищають від смолистих відкладів, нагару, іржі та фарби.

10.4. Охорона праці при виконанні розбиральних робіт

Організація робочих місць розбирального цеху

(дільниці) ґрунтується на таких вимогах:

- на пости розбирання ремфонд має надходити старанно вимитим і очищеним;

- робочі місця мають бути спеціалізовані, тобто кожен робітник повинен виконувати певні види робіт. Це дає можливість скоротити час на підготовку до роботи і повніше використати інструменти та пристрої;

- робоче місце має передбачати максимальну економію рухів робітника. Це має бути закладено в конструкцію устаткування (розташування робочих місць, висота конвеєра, стенда тощо);

- робоче місце повинне бути оснащене засобами механізації основних і допоміжних робіт, забезпечене документацією, місцем для інструменту, тарою.

Основні вимоги охорони праці:

- дільниця розбирання повинна мати міцні неспалімі стіни і підлоги з рівною (але не слизькою) ударостійкою поверхнею, яка не вбирає нафтопродуктів. Підлогу потрібно систематично очищати від мастила й бруду, стелю і стіни – фарбувати у світлі тони;

- устаткування має бути розставлене з додержанням розривів без скупчення на дільниці агрегатів і деталей. Заборонено захаращувати проходи, проїзди та підходи до пожежних щитів і гідрантів;

- деталі, які під час роботи контактують з етильованим бензином, слід попередньо мити гасом у спеціальних ваннах;

- агрегати й деталі масою понад 20 кг потрібно знімати, транспортувати і встановлювати за допомогою підйомно-транспортних засобів. Зусилля під час піднімання вантажу має бути спрямовано вертикально. **Заборонено** підтягувати вантажі краном;

- розбирати агрегати, які мають пружини (підвіска, зчеплення, клапанний механізм тощо), дозволяється тільки

на спеціальних стендах або за допомогою пристроїв, що гарантують безпечну роботу;

- освітленість робочих місць штучним світлом має відповідати нормам. Так, для робіт середньої точності вона становить: для газорозрядних ламп – комбіноване 400 лк, загальне – 200 лк; для ламп розжарювання – комбіноване 400 лк, загальне – 100 лк;

- кожне виробниче приміщення повинне мати заземлення. Шину розташовують на висоті 0,5 м від підлоги, її опір в будь-якому місці – не більше 4 Ом. Корпуси електродвигунів і металеві частини устаткування також мають бути занулені;

- застосовувати переносні електроінструменти можна при напрузі не більше 36 В. Якщо живлення електроінструменту перевищує вказану величину, його треба видавати разом із захисними пристроями (діелектричні рукавички, взуття, килимки). Напруга місцевого освітлення верстатів – 36 В, переносних ламп – 12 В. **Заборонено** застосовувати переносні лампи без захисної арматури (сітки). Стаціонарні світильники повинні бути міцно закріпленими, щоб не давати хитких тіней;

- використаний обтиральний матеріал складають у металеві ящики з кришками. Наприкінці зміни ящики слід очищати – щоб уникнути самозаймання обтирального матеріалу.

Лекція 11. ТЕХНОЛОГІЯ МИЙНО-ОЧИЩУВАЛЬНИХ РОБІТ

11.1. Види забруднень

Автомобілі і їх складові частини, що надходять у КР, мають різні забруднення, які можна поділити на дві групи – експлуатаційні та технологічні.

Експлуатаційні забруднення безпосередньо пов'язані з експлуатацією автомобілів.

Після розбирання спряжень на поверхні залишаються *герметизуючі мастики, пасти та прокладки*. Для видалення їх решток використовують механізовані інструменти – голкофрези, щітки тощо.

Лакофарбові покриття видаляють при КР. Особливо важко видаляти покриття на основі меламіноалкідних та алкідностирольних емалей.

Найпоширеніший вид забруднень – *масла й мастила*. Під час експлуатації мастильні матеріали зазнають значних змін, спричинених процесами окислення та полімеризації. Ступінь цих змін залежить від температурно-часових факторів.

У двигунах внаслідок процесів старіння масла та згоряння палива утворюються вуглецеві відкладення – асфальтосмолисті, лакові та нагари.

Асфальтосмолисті відклади – мазеподібні згустки, що відкладаються на стінках картерів, щоках колінчастих валів, розподільних шестірнях, масляних насосах, фільтрах та маслопроводах.

Лакові відкладення – плівки, що утворюються в зоні поршневих кілець, на юбці і внутрішніх стінках поршнів.

Нагари – тверді вуглецеві сполуки, які відкладаються на деталях двигунів (стінках камери згоряння, клапанах, свічках, днищі поршня, розпилювачах форсунок). Основу складають карбени та карбоїди (30–80%), масла та смоли

(8–30%), решта – оксикислоти, асфальтени і зола. Нагари містять більшість нерозчинних або погано розчинних складових (табл. 11.1).

Дорожньо-грунтові відклади нагромаджуються в основному в ходовій частині. Забрудненість залежить від умов експлуатації – сезон робіт, дорожні умови тощо. Міцність утримування частинок бруду (адгезія) залежить від шорсткості поверхні, розміру частинок, вологості повітря й інших факторів. Адгезія дрібних пилюватих частинок на поверхні досить значна.

Таблиця 11.1

Склад нагарів деталей двигунів

Деталь	Склад речовин, %		
	розчинні	нерозчинні	вода
Елементи масляного фільтра	52	46,0	2
Блок циліндрів	75	15	10
Клапан випускний	32	68	-
Штовхач	55	44	1,0
Головка циліндрів	32	68	-
Коромисло клапана	55	43	2

Маслянисті відклади виникають при потраплянні дорожнього бруду та пилю на поверхні деталей, забруднені маслом. Можливе і потраплення масла на поверхні, забруднені дорожньою гряззю. При цьому бруд просочується маслом.

Продукти корозії утворюються в результаті хімічного чи електрохімічного руйнування металів і сплавів. На поверхні сталевих і чавунних деталей з'являється плівка червонувато-бурого кольору – гідроксиди заліза (іржа), яка розчиняється в кислотах, значно менше – в лугах і воді. Алюмінієві деталі також зазнають корозії, продуктами якої є оксиди або гідроксиди алюмінію.

Накип, який утворюється в системі водяного охолодження двигуна (зокрема, на стінках радіатора), погіршує теплообмінні процеси і порушує нормальну

роботу двигуна. Утворення накипу зумовлене вмістом у воді розчинених солей кальцію і магнію, тобто твердістю води.

У системах охолодження внаслідок потрапляння в систему механічних домішок (пісок), органічних речовин (мікроорганізми, рослини) і виникнення продуктів корозії утворюються *мулуваті відкладення*.

Технологічні забруднення пов'язані з процесом ремонту. Деталі, що надходять на складання, можуть бути забруднені залишками формувальної суміші, окалини, притиральних паст, стружкою і твердими частками у масляних каналах, зернами абразиву, шаржованими в поверхню тощо. При незадовільному очищенні деталей від цих забруднень настає інтенсивне спрацювання. Задирки та подряпини, що виникають у період припрацювання; істотно впливають на первинне спрацювання деталей.

Технологічні забруднення мають свої особливості, які треба враховувати при виборі технології очищення. Тверді забруднення (пил, шлак, стружка) хімічно не зв'язані з поверхнею, а звичайно зв'язані з масляною плівкою і видаляються разом з нею. Винятком є стружка в каналах або шаржовані в поверхню металу зерна абразиву. Для їх видалення потрібна сильна і спрямована гідродинамічна дія чи кавітаційна (ультразвукова) дія. Видаляючи притиральні пасти, слід мати на увазі, що видаляти треба одночасно рідкі і тверді компоненти паст, бо видалення тільки рідких компонентів, утруднить видалення твердих складових через їх ущільнення.

Продукти спрацювання в результаті обкатування вилучають з системи під час фільтрації масла.

11.2. Контроль залишкової забрудненості

Залежно від кількості залишкових забруднень розрізняють три рівні очищення: макро-, мікро- і

активаційне очищення.

Макроочищення – видалення з поверхні найбільших забруднень. *Мікроочищення* – видалення забруднень з мікронерівностей поверхні. *Активаційне очищення* – травлення металу до активованого стану.

Застосовують різні способи контролю залишкової забрудненості поверхні. Для макроочищення можна застосовувати протирання, ваговий і люмінесцентний методи, а для мікро- та активаційного очищення – люмінесцентний та метод змочування водою.

Ваговий метод полягає в тому, що залишок забруднення визначають зважуванням. Порівнюючи очищені зразки з еталонами, можна швидко і з достатньою точністю оцінювати миючу здатність різних засобів.

При *протиранні* поверхні серветкою, тканиною чи ватним тампоном наявність бруду на матеріалі кількісно оцінюють зважуванням.

Люмінесцентний метод ґрунтується на здатності масел люмінесцювати під впливом ультрафіолетового проміння. Величина і інтенсивність свічення поверхні вказують на її забрудненість.

Метод *змочування* поверхні водою ґрунтується на здатності металевої поверхні утримувати нерозривну плівку води, якщо ця поверхня не має масляних (гідрофобних) забруднень.

11.3. Процеси очищення поверхні

Очищення поверхні – видалення з неї забруднень до певного рівня чистоти. Існують різні методи очищення: механічний, фізичний, хімічний, фізико-хімічний і хіміко-термічний. В основі кожного використовується певний спосіб руйнування забруднень і видалення їх з поверхні. Для прискорення процесів очищення застосовують такі способи інтенсифікації: підвищення температури і тиску

очищувального середовища, вібраційна активація його тощо.

У загальному вигляді робота очищення дорівнює:

$$A_o = A_{фх} + A_m, \quad (11.1)$$

де $A_{фх}$ – робота, яку виконує очищувальне середовище за рахунок фізико-хімічної активності; A_m – робота, пов'язана з механічним впливом середовища на руйнування забруднення і його зв'язку з поверхнею.

Чим активніше фізико-хімічне середовище (чим більша $A_{фх}$), тим менше потрібно механічної енергії; чим менша $A_{фх}$, тим більше потрібно затратити A_m , щоб досягти однакового ефекту очищення.

Вибір процесу очищення за рахунок оптимального співвідношення величин $A_{фх}$ та A_m ґрунтується на технологічних і економічних міркуваннях. Робота $A_{фх}$ залежить від мийно-очищувальної активності середовища, його концентрації і температури. Робота A_m залежить від механічної інтенсивності процесу очищення (струменя, вібрації, ультразвукових коливань тощо).

Розглянемо механізм видалення масляної плівки з деталі миючим розчином.

Під впливом гарячого миючого розчину масляна плівка швидко нагрівається і внаслідок розширення і дії сил поверхневого натягу набуває хвилястого вигляду з кутом $\alpha \leq 90^\circ$ (рис. 11.1, б). Далі масляна плівка деформується настільки, що руйнується (рис. 11.1, в) і утворює масляні краплини, які обволікає мийний розчин. В результаті сила зчеплення цих частинок з металом зменшується і їх легко видаляють з поверхні деталей тиском струмини розчину.

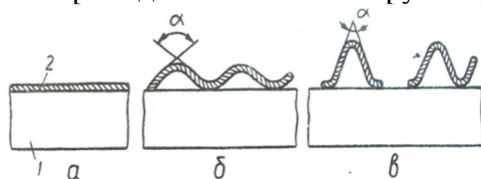


Рис. 11.1. Схема руйнування масляної плівки

Отже, головною умовою високої якості знежирювання деталей є забезпечення оптимальної температури миючого розчину. При недостатній температурі масляна плівка на деталі не деформується і зберігає свою площинність, незважаючи на дію миючого розчину. З підвищенням температури в'язкість забруднення значно знижується, підвищується його текучість, поліпшується ефективність знежирення.

Миюча дія полягає у видаленні рідких і твердих забруднень з поверхні і переведення їх у миючий розчин у вигляді розчинів чи дисперсій. Це складні процеси взаємодії забруднень, миючих засобів і поверхонь. Основні явища, що визначають миючу дію – змочування, емульгування, диспергування, піноутворення і стабілізація – пов'язані з поверхневим натягом і поверхневою активністю миючих засобів. Речовини, які знижують поверхневий натяг розчину, називають поверхнево-активними (ПАР).

Змочування полягає в розтіканні краплини рідини на поверхні твердого тіла. Поверхні, які змочуються водою, називають гідрофільними, а які не змочуються – гідрофобними. Змочуваність твердого тіла залежить від поверхневого натягу рідини, складу рідини та твердого тіла. Поверхні, забруднені маслами, добре змочуються вуглецевими розчинниками і не змочуються водою. Додавання до води ПАР знижує її поверхневий натяг і забезпечує змочування забруднених маслами поверхонь.

Забруднення здебільшого включає рідку (масла, смоли) та тверду (асфальтени, карбени, пил) фази. Видалення цих забруднень відбувається двома шляхами: *емульгуванням* рідкої фази (утворення емульсії) і *диспергуванням* твердої фази (утворення дисперсій).

Емульсія – це система незмішуваних рідин, одна з яких розподілена у вигляді дрібних краплинок в іншій. Емульсії бувають прямі («масло у воді») і зворотні («вода в

маслі»). Під «маслом» розуміють будь-яку органічну речовину, нерозчинну у воді і водних розчинах.

Емульгування рідкої фази можливе у водних розчинах ПАР, молекули яких утворюють на поверхні краплин масла міцні адсорбційні шари. Гідрофобна частина молекули зв'язується з маслом, а гідрофільна орієнтується в бік водного розчину (рис. 11.2). При цьому відбувається *гідрофілізація* краплин масла, що перешкоджає їх злиттю. Речовини, які адсорбуються на поверхні гідрофобних частинок, називаються *емульгаторами*.

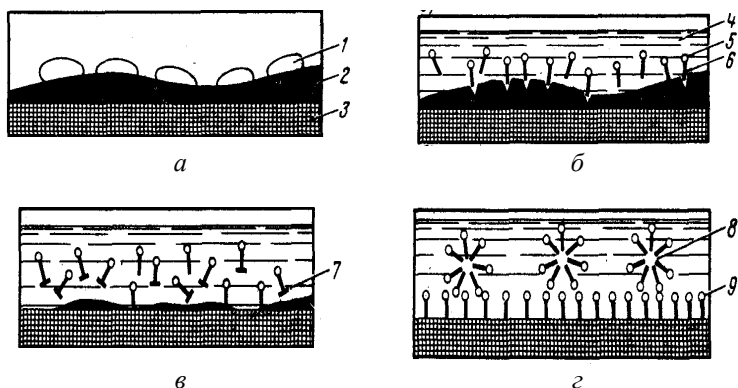


Рис. 11.2. Схема процесу миття: 1 – краплини води; 2 – забруднення; 3 – очищена поверхня; 4 – миючий засіб; 5 – гідрофільна частина молекули ПАР; 6 – гідрофобна частина молекули ПАР (радикал); 7 – перехід частинок забруднення в розчин; 8 – частки забруднення, стабілізовані в розчині; 9 – адсорбція молекул ПАР на очищеній поверхні

Диспергування твердої фази забруднень відбувається завдяки адсорбції ПАР на частинках забруднень. Малий поверхневий натяг розчину дає йому можливість проникати в найменші тріщини частинок забруднення і адсорбування ПАР на поверхнях цих частинок. Адсорбовані молекули ПАР утворюють розклинювальний тиск на частинки, руйнуючи і подрібнюючи їх. На процеси емульгування і

диспергування великою мірою впливає механічна дія розчину, що сприяє руйнуванню забруднень.

Важливий етап процесу миття – *стабілізація* відмитих забруднень в розчині і запобігання їх повторного осідання на очищену поверхню. Стабілізація залежить в основному від складу миючого розчину і технологічних умов його застосування (концентрація, температура, забрудненість).

Процес миття включає кілька послідовних етапів. Оскільки майже всі забруднення гідрофобні, то вода, маючи великий поверхневий натяг, не змочує забруднені поверхні і стягується в окремі краплинки (рис. 11.2, *а*). Під час розчинення у воді миючого засобу поверхневий натяг розчину різко зменшується і розчин змочує забруднення, проникає в його тріщини і пори (рис. 11.2, *б*). При цьому знижується зчеплення частинок між собою і з поверхнею. В результаті дії молекул миючої речовини частинки бруду переходять у розчин (рис. 11.2, *б*). Молекули мийного засобу обволікають забруднення і відмиту поверхню, що перешкоджає укрупненню частинок і осіданню їх на поверхні (рис. 11.2, *з*). В результаті частинки забруднення стабілізуються у розчині і видаляються разом з ним.

Велике значення при очищенні поверхні деталі має *піноутворення*. В одних випадках його вплив позитивний, наприклад в разі пароводострумного очищення, коли шар піни запобігає розбризкуванню миючого розчину або створює захисний шар, який зменшує проникнення їдких випарів в атмосферу. Проте здебільшого піноутворення – фактор негативний, бо обмежує використання інтенсивного перемішування миючого розчину. Наприклад, у струминних мийних машинах не можна застосовувати миючі засоби з високим рівнем піноутворення.

Важливий фактор, що визначає ефективність очищення – це лужність миючих розчинів, яка визначає здатність розчинів нейтралізувати кислі компоненти

забруднень, знижувати контактний натяг розчинів, твердість води тощо. Розрізняють загальну і активну лужність. Загальну лужність визначають титруванням кислотою з індикатором метилоранжем, а активну – титруванням з фенолфталеїном. Миюча дія розчинів залежить тільки від рівня активної лужності.

Показником лужності є показник pH , який визначають як логарифм оберненої величини концентрації іонів водню. Оскільки миюча дія властива частині лужних сполук, дисоційованих на вільні іони, то водневий показник може служити критерієм активності чи миючої здатності розчинів.

11.4. Синтетичні миючі засоби

Великого поширення в усіх процесах очищення набули синтетичні миючі засоби (СМЗ). Їх основою є ПАВ, активність яких підвищують введенням лужних електролітів. Розчини СМЗ за миючою здатністю значно переважають розчини їдкого натру і різних лужних сумішей. Всі СМЗ мають вигляд сипучого гігроскопічного порошку білого чи світло-жовтого кольору, вони нетоксичні, негорючі і добре розчиняються у воді. Розчини СМЗ (табл. 11.2) допускають одночасне очищення деталей з чорних і кольорових металів та сплавів, безпечні в застосуванні. Вузли й деталі, які підлягають нетривалому зберіганню (10–15 днів), не потребують після очищення розчинами СМЗ додаткової антикорозійної обробки – такий захист забезпечують силікати, що входять до складу СМЗ.

Таблиця 11.2

Склад СМЗ для очищення деталей

Компоненти миючих засобів	Марка і склад миючих засобів, % маси					
	Лабомід		МС			Темп
	101	103	6	8	15	
Сода кальцинована	50	50	40	38	43	40,5
Тринатрійфосфат	-	-	-	-	-	20
Триполіфосфат натрію	30	30	25	25	22	15
Метасилікат натрію	16,5	10	29	29	28	20
Карбамід	-	-	-	-	-	2,8
Синтанол ДС-10	3,5	8	6	-	-	1,5
Синтамід-5	-	-	-	8	8	-
Алкілсульфати	-	2	-	-	-	-
Оксифос-Б	-	-	-	-	7	-
Оксифос КД-6	-	-	-	-	-	0,2

Засоби Лабомід-101, Лабомід-102 та МС-6 призначено для мийних машин струминного типу, а Лабомід-203 та МС-8 – для машин занурювального типу. Препарати Темп-100 та Темп-100А ефективніші за Лабомід та МС і, крім того, Темп-100А має підвищену пасивуючу дію відносно очищуваної поверхні. У табл. 11.3 наведено ефективність широко поширених СМЗ.

Таблиця 11.3

Порівняльна ефективність поширених СМЗ

Миючий засіб	Концентрація, г/л	Чистота поверхні залежно від часу очищення, бали					
		30	60	90	120	180	240
Їдкий натр	15–20	2	4	-	5,0	6,5	7
Лабомід-101	30	2	4,5	6	8	9,5	10
Лабомід-203	30	3	7	8,5	10	10	-
МС-8	30	2	4,5	7	8	9,5	10
МС-8	30	3,5	7,5	9	10	10	-

Робочі концентрації розчинів СМЗ залежать від забрудненості поверхні і становлять 5–20 г/л. Найкраще миюча дія розчинів СМЗ проявляється при температурі

80° С. При 70° С і нижче різко знижується миюча здатність розчину і посилюється піноутворення. Для піногасіння використовують дизельне паливо, яке додають у розчин у кількості 10–15 г/л.

У ремонтному виробництві використовують розчин каустичної соди, який дуже токсичний і його не можна застосовувати для миття деталей з алюмінію і його сплавів. Алюміній реагує з лугами з утворенням розчинної солі (алюмінату натрію), тому для знежирення деталей з алюмінію та алюмінієвих сплавів використовують розчини на основі кальцинованої соди (10–15 г/л) з добавлянням тринатрійфосфату (10–25 г/л) і рідкого скла (10–15 г/л).

11.5. Засоби для мийно-очищувальних робіт

Струменева мийна установка ОМ-4267 (рис. 11.3) призначена для миття складальних одиниць та деталей із застосуванням СМЗ. Проте промивання у таких машинах із застосуванням відповідних миючих засобів, у тому числі і синтетичних, не забезпечує належного очищення від смолистих відкладень, особливо на поверхнях, на які безпосередньо не дію струмені. Тому деталі із смолистими відкладами очищують у ваннах (очищення занурюванням – «виварюванням»). У такий спосіб можна очищати навіть шасі автомобіля.

Для очищення занурюванням як миючі засоби застосовують Лабомід-203 та МС-8 концентрацією 20–30 г/л. Робоча температура розчинів 80–100° С. Використовувати для очищення занурюванням розчини каустичної соди з концентрацією понад 50 г/л недоцільно, бо їх миюча здатність з дальшим підвищенням концентрації не збільшується. Щоб підвищити миючу здатність, до розчину каустичної соди вводять силікати (рідке скло, метасилікат натрію) і різні ПАР. Розчини миючих засобів Лабомід-203 та МС-8 у 3–4 рази ефективніші від розчинів

каустичної соди.

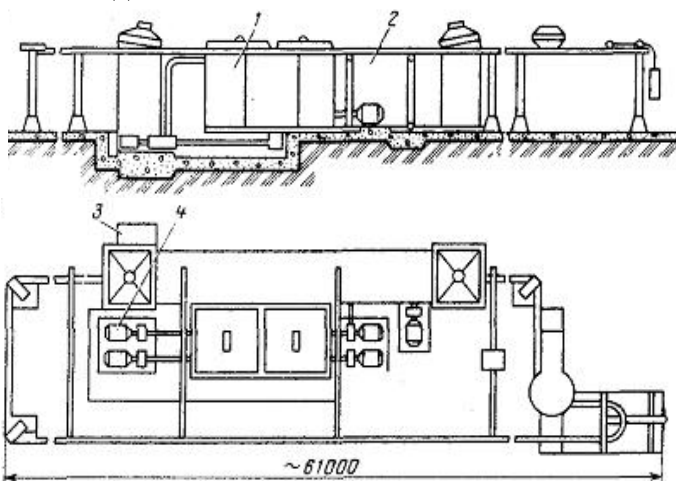


Рис. 11.3. Мийна установка ОМ-4267: 1 – ванна для мийного розчину, 2 – мийна камера, 3 – електрошкаф, 4 – система подачі й перекачування розчину

Інтенсивність процесу очищення деталей занурюванням зростає, якщо перемішувати розчин у ванні або переміщувати деталі. З цією метою виварювальні ванни із статичним витриманням деталей заміняють установками з ваннами, що мають насоси, вібраційні та коливні платформи. Тривалість очищення деталей у таких установках скорочується в 1,5–2 рази. Щоб шкідливі випари під час очищення деталей занурюванням не поширювались, ванни обладнують кришками, які герметично закриваються.

Конвейерна мийна машина типу КМ-4 (рис. 11.4) з безперервним циклом роботи призначена для очищення деталей на великих АРП.

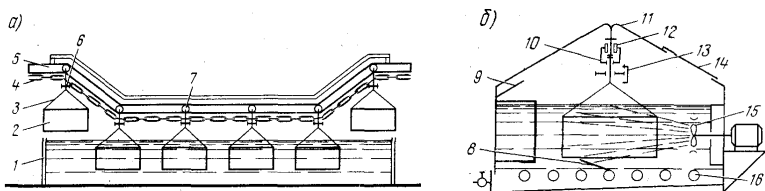


Рис. 11.4. Конвеєрна мийна машина КМ-4: а – поздовжній розріз; б – поперечний розріз; 1 – ванна; 2 – контейнер; 3 – розтяжка; 4 – ланцюг; 5 – балка; 6 – шестірні; 7 – каретка; 8 – козирок; 9 – щитки; 10 – упорний підшипник; 15 – лопатевий гвинт; 16 – теплообмінник

Рухаючись по конвеєру, кошики з деталями опускаються в миючу рідину і пересуваються уздовж ванни до виходу в протилежному кінці. Під час просування у ванні кошики за допомогою рейок обертаються навколо своєї вертикальної осі.

Один із шляхів реалізації очищення занурюванням - застосування роторних машин, у яких періодичне занурення в розчин і виймання з нього деталей створює обмін розчину біля їх поверхонь. Об'ємне завантаження таких машин у кілька разів вище ніж у струминних, що значно підвищує продуктивність праці.

Забруднені вироби (рис. 11.4) вкладають у контейнер 2, які обертаються від вала 6. Поєднання інтенсивного механічної, термічної і хімічної дій забезпечують якісне очищення. Рух контейнера 4 у придонній частині ванни співпадає з напрямом потоку рідини, яка циркулює через очисний пристрій. Це забезпечує надійне відбирання твердих забруднень і видалення їх в очисний пристрій.

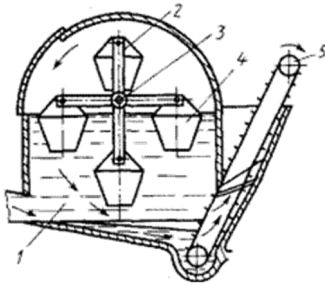


Рис. 11.4. Роторна установка: 1 – ванна, 2 і 4 – контейнери, 3 – вал приводу; 5 – очисний пристрій

Для видалення асфальтосмолистих відкладів з деталей використовують розчинники і розчинно-емульгуючі засоби (РЕЗ). Найпоширеніші розчинники:

а) хлоровані (тетрахлоретилен, трихлоретилен, хлористий метилен, чотирихлористий вуглець, дихлоретан), які добре розчиняють масла, асфальтосмолисті відклади і старі лакофарбові покриття; вони пожегобезпечні, але високотоксичні;

б) ароматичні (бензол, ксилол) використовують для розчинення масел і асфальтосмолистих відкладів; бензол високотоксичний; насичені (дизельне паливо, гас, тракторний бензин, уайт-спірит), які добре розчиняють мінеральні масла, консистентні мастила і консерваційні суміші; з розчинників вони найменш токсичні.

З розчинників найбільше застосовують дизельне паливо, гас, бензин та уайт-спірит. Хлоровані вуглеводні, які щодо очищувальної здатності в десятки разів ефективніші від перелічених вище, поки не застосовуються у зв'язку з високою токсичністю. Проте їх використовують при наявності спеціальних установок, які працюють за замкнутим циклом з додержанням вимог техніки безпеки.

Для очищення деталей від асфальтосмолистих відкладів при низькій температурі рекомендують РЕЗ АС-15 та «Ритм», які відрізняються від СМЗ тим, що видаляють забруднення за рахунок часткового їх розчинення з

наступним емульгуванням забруднень, що залишилися.

Очищення за допомогою РЕЗ здійснюють у два етапи. При цьому деталі видержують у цих засобах при кімнатній температурі і обполіскують у розчині будь-якого СМЗ при температурі 50 ± 5 С. Особливістю РЕЗ є їх токсичність і вогнебезпечність, тому застосовують ці засоби в герметизованих машинах занурювального типу з дотриманням особливих заходів безпеки. За допомогою РЕЗ очищають деталі з чорних металів та алюмінієвих сплавів.

При однаковому способі використання розчинів СМЗ та РЕЗ для машин занурювального типу РЕЗ у 5–15 раз ефективніші за СМЗ. Для двоетапної технології з застосуванням РЕЗ розроблено мийні машини конвеєрного типу, які представляють собою ванну з миючим розчином, в якій є платформа, яку завантажують деталями. Платформа робить зворотно-поступальні рухи з частотою 1–2 Гц і величиною ходу 50–200 мм.

Від нагару, накипу та продуктів корозії деталі очищають механічним, термохімічним та комбінованим способами.

Тверді відклади на автомобільних деталях очищають механічним способом за допомогою металевих щіток, металевим піском, гідропіскоструминною обробкою.

Очищення металевими обертовими щітками, незважаючи на простоту способу, не гарантує необхідної якості очищення і належного рівня продуктивності праці, тому його використовують на дрібних підприємствах.

Гідропіскоструминне очищення виключає появу кварцевого пилу, і його можна рекомендувати для очищення деталей від корозії і старої фарби.

Термохімічний метод передбачає очищення деталей в лужному розплаві. Найпоширеніший склад розплаву містить 65% їдкого натру, 30% азотнокислого і 5% хлористого натрію. Температура розплаву – 400° С. Для

очищення деталей від нагару, накипу та іржі в лужному розплаві застосовують багатокамерні установки.

Установка типу ОМ-4944 складається з чотирьох ванн. У першій ванні деталі для зруйнування забруднень вистояють протягом 5–10 хв у лужному розплаві. У другій ванні деталі промивають проточною водою: різкий перепад температур спричиняє бурхливе утворення пари, що сприяє руйнуванню розпушених ниток нагару, накипу чи іржі і розчиненню решток розплаву. У третій ванні здійснюють кислотну обробку (травлення) з метою прояснення поверхні деталей і нейтралізації решток луку. В разі одночасного очищення деталей з чорних металів і алюмінієвих сплавів травлення ведуть розчином фосфорної кислоти (85 г/л) з додаванням хромового ангідриду (125 г/л) при температурі 130° С. У четвертій ванні деталі остаточно промивають гарячою водою. Загальний час циклу обробки - 20–25 хв. Контейнери з деталями завантажують і вивантажують тельфером.

Дрібні деталі (клапани, штовхачі тощо) очищають в обертових барабанах з рідким наповнювачем (гас, Лабомід-203 або МС-8).

Барабан завантажують на 75 відсотків об'єму. В робочому положенні він має обертатися зі швидкістю 16–18 хв⁻¹. Перспективним є очищення дрібних деталей (клапанів, штовхачів) від твердих відкладів віброабразивним способом, при якому деталі і обробне середовище вміщують у контейнер, якому надано коливного руху.

Установка для миття й очищення дрібних деталей в обертовому барабані (рис. 11.5) складається з привода 1 барабана; шестигранного барабана 4 з перфорованими стінками, який обертається в підшипниках, встановлених на верхній рамці каркаса; ванни 5 для миючої рідини; пневмоциліндра 6 двосторонньої дії для піднімання й

опускання ванни; каркаса 2, всередині якого є напрямні, в яких рухаються ролики ванни; ковпака 3 з дверцятами для завантаження деталей у барабан.

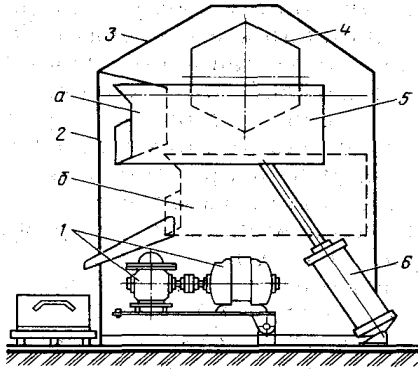


Рис. 11. 5. Установка для миття дрібних деталей в обертовому барабані:
 1 – привод барабана;
 2 – каркас; 3 – ковпака з завантажувальними дверцятами;
 4 – перфорований шестигранний барабан;
 5 – ванна для миючої рідини; 6 – пневмоциліндр двосторонньої дії

Деталі невеликих розмірів, але складної конфігурації, зокрема деталі системи живлення і електрообладнання очищають у мийних установках ультразвуком.

Деталі, що підлягають очищенню, вміщують у ванну з миючим розчином, де під дією ультразвуку в миючому розчині утворюються області стиску й розрідження. Утворення пустот у рідині і спричинені ними дії (гідравлічні удари) там, де вони виникають, дістало назву кавітації. Під дією кавітації забруднення на поверхні деталі руйнуються і видаляються разом з миючим розчином. Як миючі засоби доцільно застосовувати водні розчини Лабоміду або МС (залежно від забрудненості концентрація розчину становить 10–30 г/л, температура розчину 328–338° К) або розчинники та засоби на їх основі (гас, дизельне паливо, АМ-15 тощо).

Застосовуване під час ультразвукового очищення устаткування складається з ультразвукової ванни, генератора струму високої частоти та випромінювача (перетворювача струму високої частоти в ультразвукові

коливання), вмонтованого в дно ванни. Як випромінювачі застосовують магнітострикційні перетворювачі, які перетворюють електричні коливання ультразвукового генератора в механічні ультразвукові коливання, які передаються миючій рідині у ванні.

Для видалення накипу і продуктів корозії, крім очищення в розплаві солей, кісточковою кришкою або металевим піском, об'єкти ремонту обробляють у 10–12%–у розчині інгібованої соляної кислоти при температурі 351–358° К протягом 20–25 хв. Після обробки в кислотному розчині об'єкти ремонту споліскують у розчині кальцінованої соди (5 г/л) і тринатрійфосфату (2 г/л).

Старі лакофарбові покриття найчастіше видаляють обробкою деталей у лужних розчинах каустичної соди концентрацією 80–100 г/л при температурі 353–363° К протягом 60–90 хв.

Деталі промивають гарячою водою в установках ванного або струминного типу. Завершальна операція - пасивування поверхні деталей з розчином нітриту натрію концентрацією 5 г/л при температурі 323–333° К. Якщо видалити стару фарбу в лужних розчинах не можна з конструктивних чи технологічних міркувань, її видаляють за допомогою змивок або розчинників.

Від консервативних мастил деталі очищають у розчинах СМЗ Лабомід-101 концентрацією 10 г/л при температурі 363–373° К. Установки АКТБ-180 або ОМ-3600 та інших конструкцій з пульсуючим потоком рідини застосовують для очищення масляних каналів блока циліндрів і колінчастого вала.

Щоб зняти консерваційні мастила з деяких точних деталей (плунжерні пари, розпилувачі, підшипники) застосовують бензин. Після промивання деталей у бензині їх можна знежирювати в розчині.

Для очищення деталей електрообладнання

застосовують гас, як замітник – гасовий контакт, тобто побічний продукт очищення мінеральних масел сірчаною кислотою на нафтопереробних заводах. Склад гасового контакту, %: сульфонафтові кислоти – 40; мінеральні масла – 8; сірчана кислота – 1; вода – решта. У зв'язку з підвищеною подразливою дією на шкіру рук гасовий контакт застосовують тільки за умови механізованого миття.

Поширеним миючим засобом є розчин на основі каустичної соди $NaOH$. Проте слід мати на увазі його подразнювальну дію (особливо коли концентрація перевищує 1,2–1,5%) на шкіру рук. Застосовуючи розчин підвищених концентрацій, треба обов'язково після цього промивати деталі в ванні гарячою водою, додавши нітрит натрію або хромпик, що запобігає корозії деталей.

Лекція 12. ТЕХНОЛОГІЯ ДЕФЕКТУВАННЯ

12.1. Загальні відомості про дефектування деталей

Дефектування – діагностика технічного стану деталей порівнянням фактичних показників з вимогами технічної документації (технічних умов, робочих креслень деталей тощо). Його мета – визначення їх технічного стану і подальшого сортування на три групи: придатні (бездефектна продукція), ті, що підлягають відновленню (з виправними дефектами) і непридатні (брак). Такий поділ продукції на групи здійснюють на основі відповідного методу контролю, норм допустимих дефектів і технологічних можливостей відновлення деталей. Результати дефектування і сортування використовують для визначення коефіцієнтів придатності і розподілу деталей за маршрутами відновлення.

Багато причин вибракування прямо чи посередньо пов'язані з технічними можливостями засобів і методів дефектування і технологічними можливостями підприємства. Трапляються випадки вибракування деталей, які мають виправні дефекти, тільки через відсутність відповідних методів ремонту.

Після сортування придатні деталі відправляють у комплектувальне відділення, а непридатні – на склад брухту чи використовують для виготовлення інших деталей. Деталі, що потребують відновлення, після визначення маршруту надходять на склад деталей, які очікують відновлення, і далі на відповідні дільниці.

У процесі дефектування і сортування деталі маркують фарбою: придатні – зеленою, непридатні – червоною, а ті, що підлягають відновленню, – жовтою. Кількісні показники дефектування і сортування деталей фіксують у дефектувальних відомостях.

Дефектування звичайно розпочинають із зовнішнього огляду деталей: визначають загальний технічний стан деталі і виявляють зовнішні дефекти – тріщини, пробоїни, вм'ятини тощо. Щоб виявити приховані дефекти, застосовують спеціальні прилади та пристрої, дія яких ґрунтується на неруйнівних методах контролю.

Розвиток засобів і методів дефектування дає можливість поліпшити якість ремонту автомобілів.

12.2. Характерні дефекти деталей

Дефект – це кожна невідповідність продукції вимогам нормативної документації [4].

За наслідками дефекти поділяють на критичні, значні і малозначні. *Критичний* – дефект, при якому використовувати продукцію за призначенням практично не можна чи забороняється відповідно до вимог техніки безпеки. *Значний* – дефект, який істотно впливає на використання продукції за призначенням і (або) на її довговічність, але не є критичним. *Малозначний* – дефект, який істотно не впливає на використання продукції за призначенням і на довговічність.

За розташуванням всі дефекти поділяють на зовнішні і внутрішні. *Зовнішні дефекти* (деформація, зміна геометричної форми і розмірів) визначають вимірюванням або візуально. *Внутрішні дефекти* (втомні та термічні тріщини, дислокації тощо) виявляють різними способами структуроскопії деталей: магнітодефектоскопія, рентгеноскопія, ультразвукова дефектоскопія тощо.

За можливістю виправлення дефекти поділяють на виправні та невиправні. *Виправні* – дефекти, усунення яких технічно можливе і економічно доцільне. До них належать деформації, вм'ятини, обломи, спрацювання поверхонь, задирки та інші дефекти, які не призводять до цілковитої втрати роботоздатності деталі. *Невиправні* – дефекти,

усунення яких технічно неможливе чи економічно недоцільне. До них належать тріщини – від втоми, термічної обробки, повзучості та корозія (місцева, кристалічна, газова, високотемпературна тощо).

За причинами виникнення дефекти поділяють на конструктивні, виробничі та експлуатаційні.

Конструктивні дефекти – невідповідність вимогам технічного завдання, причинами яких є помилковий вибір матеріалу виробу, неправильне визначення розмірів деталей, режиму термічної обробки тощо. Вони є наслідками недосконалості конструкції та помилок конструювання.

Виробничі дефекти – невідповідність вимогам нормативної документації на виготовлення чи поставку продукції. Такі дефекти виникають у результаті порушення технологічного процесу під час виготовлення чи відновлення деталей і їх поділяють на шість груп:

- дефекти плавлення і лиття – відхилення хімічного складу від заданого, в результаті чого змінюються механічні властивості сплаву, ліквації, газові пори, формувальні і шлакові вкраплення, усадкові раковини, гарячі і холодні тріщини тощо;

- дефекти, що виникають при обробці тиском: поверхневі та внутрішні тріщини, розриви, волосовини, розшарування, флокени;

- дефекти термічної, хіміко-термічної і електрохімічної обробки: термічні тріщини, знеуглецювання, науглецювання, перегрів, переп, невідповідність товщини гальванічного покриття і його відшарування тощо;

- дефекти механічної обробки: дрібні тріщини, припалювання, порушення геометричних розмірів;

- дефекти правлення, монтажу та демонтажу: рихтувальні та монтажні тріщини, погнутість, обломи

різьби, порушення посадок;

- дефекти у з'єднаннях металів: раковини, пори, шлакові вкраплення, перегрівання, зміна розмірів зерна, гарячі і холодні тріщини, непровари, неповне заповнення шва, зміщення кромки шва, відшарування тощо.

До *експлуатаційних* належать дефекти, які виникають в результаті спрацювання, втомленості, корозії чи неправильної експлуатації. Найбільше відмов виникає через спрацювання, причиною чого є насамперед умови тертя.

Враховуючи, що кожному класу деталей властиві конструктивні особливості і певні умови експлуатації, можна орієнтовно встановити характерні дефекти деталей кожного класу (табл. 12.3).

Технічні умови на дефектування та сортування деталей в авторемонтному виробництві розробляють, аналізуючи умови роботи деталі, фізико-механічні властивості, перелік можливих дефектів тощо. Їх складають у вигляді карт, які містять повну інформацію по кожній деталі, зокрема: назва деталі і номер за каталогом, перелік дефектів, способи їх виявлення і рекомендовані способи усунення, ескіз із зазначенням місць розташування дефектів, основні розміри деталі, матеріал, твердість.

Способи встановлення дефектів призначають, виходячи з досвіду роботи АРП на підставі досліджень, виконаних з метою розробки нових методів дефектування деталей.

12.3. Контроль розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь деталей

Стан деталей, спряжень і комплектувальних груп можна визначити оглядом, перевіркою на дотик, за допомогою вимірювальних інструментів тощо.

Оглядом виявляють руйнування деталі (тріщини, викришування, злами тощо), наявність відкладень (накип,

нагар тощо), витікання води, масла, палива. Перевіркою на дотик визначають спрацювання і змінання ниток різьби на деталях після попереднього затягування, еластичність сальників, наявність задирок, подряпин тощо.

Таблиця 12.1

Характерні дефекти деталей

Клас деталі	Дефекти	
	виправні	невиправні
Товстостінні корпусні	Деформації, обломи, корозія, пошкодження різьб і отворів	Тріщини: втомні, контактні, повзучості. Корозія: місцева, газова, міжкристалітна, щілинна, розтріскування.
Тонкостінні корпусні	Деформації, розриви, вм'ятини, суцільна корозія,	Тріщини: втомні, контактні. Корозія: газова, щілинна, місцева, міжкристалітна
Прямі круглі стержні	Зношення поверхні, деформації, обломи, суцільна корозія	Тріщини: від термічної втоми, втомні, контактні, повзучості, розтріскування під напругою
Прямі круглі стержні з фасонною поверхнею	Зношення поверхні, деформації, обломи, суцільна корозія	Тріщини: від термічної втоми, втомні, контактні, повзучості. Корозія: газова, місцева міжкристалітна, щілинна,
Порожнисті стержні	Зношення поверхні, деформації, задири, суцільна корозія	Тріщини: від термічної втоми, втомні, повзучості. Корозія: міжкристалітна, газова, місцева
Диски з гладким периметром	Зношення поверхні, обломи, деформації, задири, суцільна корозія	Тріщини: від термічної втоми, втомні, повзучості, контактні. Корозія: міжкристалітна, місцева
Диски з фасонним периметром	Зношення поверхні, деформації, задири, суцільна корозія	Тріщини: втомні, контактні, повзучості. Корозія: щілинна, місцева міжкристалітна,
Некруглі стержні	Зношення поверхні, деформації, обломи, суцільна корозія	Тріщини: контактні, втомні, повзучості. Корозія: щілинна, місцева, міжкристалітна,

Відхилення спряжень від заданого зазору чи натягу деталей від заданого розміру, від площинності, форми, профілю тощо визначають за допомогою вимірювальних інструментів.

Способи і схеми вимірювань визначаються розмірними параметрами загального вигляду. До них належать відхилення в розташуванні і формі; хвилястість і шорсткість поверхні; розміри гладких циліндричних з'єднань; розміри, що входять до розмірних ланцюгів; розміри конічних з'єднань і кутові розміри; розміри різбових з'єднань і передач; розміри шпонкових і шліцьових з'єднань.

Вибір засобів контролю ґрунтується на забезпеченні заданих показників процесу контролю й аналізу витрат при заданій якості виробу. Для цього потрібно використати ефективні засоби контролю, регламентовані різноманітними нормативними документами.

Вибір засобу контролю включає такі етапи:

- аналіз характеристик об'єкта контролю і показників процесу контролю;
- визначення попереднього складу засобів контролю;
- визначення остаточного складу засобів контролю, їх економічного обґрунтування, технічної документації.

Залежно від виробничої програми, стабільності вимірюваних параметрів використовують універсальні, механізовані чи автоматизовані засоби контролю.

У ремонті автомобілів найбільш поширені універсальні вимірювальні прилади та інструменти, які за принципом дії поділяють на механічні, оптичні, пневматичні та електричні прилади.

До *механічних приладів* належать лінійки, пружинні прилади, штангенциркулі, мікрометричні прилади тощо. Їм характерні простота, висока надійність вимірювань, проте порівняно невисока точність і продуктивність контролю.

Під час вимірювань треба додержувати принципу Аббе (компараторний принцип), згідно з яким потрібно, щоб вісь шкали приладу і контрольований розмір деталі були розміщені на одній прямій, тобто лінія вимірювання має бути продовженням лінії шкали. Якщо цього не дотримуватися, то перекошення та непаралельність напрямних вимірювального приладу спричинять значні похибки вимірювання.

Оптичні прилади – окулярні мікрометри, вимірювальні мікроскопи, колімаційні і пружинно-оптичні прилади, проектори, інтерференційні засоби тощо. З їх допомогою досягають найвищої точності вимірювань. Проте ці прилади складні, їх налагодження і процес вимірювання потребують значних витрат часу, дорогі і часто не досить надійні і недовговічні.

Пневматичні прилади використовують в основному для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів, відхилень форми поверхонь (у тому числі внутрішніх) тощо. Ці прилади мають високу точність і швидкодію. Деякі вимірювання (наприклад отворів малого діаметра) можливі тільки за допомогою пневматичних приладів. Але такі прилади потребують індивідуального тарування шкали з використанням еталонів.

Широко застосовують *електричні прилади*, яким характерні висока швидкодія, можливість фіксації результатів вимірювання, зручністю керування. Основним елементом електричних приладів є вимірювальний перетворювач (датчик), який сприймає вимірювану величину і виробляє інформаційний сигнал у формі, зручній для передачі, перетворення і інтерпретації. Перетворювачі - електроконтактні, індуктивні, ємнісні, пневмоелектроконтактні, фотоелектричні, радіоізотопні, механотронні.

Шорсткість поверхонь переважно контролюють контактним методом – шуповими приладами (профілометрами і профілографами) і безконтактним – оптичними приладами (мікроінтерферометрами, подвійними мікроскопами тощо).

12.4 Неруйнівний контроль прихованих дефектів

Важливе значення у ремонтному процесі відіграє своєчасне і точне виявлення внутрішніх дефектів деталі, що дозволяє підвищити якість ремонту вузла, агрегату чи автомобіля в цілому [3].

Основними методами неруйнівного контролю (НК) внутрішніх дефектів для є акустичний, магнітний, радіаційний, вихрострумний, та проникними речовинами. Вибір методу контролю ґрунтується на вимогах технічної документації та доцільності їх застосування.

12.4.1. Акустичні методи

Акустичні методи НК ґрунтуються на реєстрації параметрів пружних хвиль, які збуджують в контрольованому об'єкті. Ці методи застосовують для виявлення порушень суцільності (тріщини, пори, раковини), дослідження структурного аналізу (визначення розміру зерен, неоднорідностей чи домішок тощо), вимірювання товщини при односторонньому доступі до деталей та для інших завдань. Акустичний контроль є одним з найкращих методів НК, який можна застосовувати для дослідження твердих тіл.

За характером взаємодії фізичних полів з контрольованим об'єктом акустичні методи поділяють на методи прохідного випромінювання, відбивного випромінювання, резонансний, імпедансний, вільних коливань та акустико-емісійний.

Для контролю використовують пружні коливання частотою від кількох десятків до мільйонів герців. При частоті коливань, наприклад, 10^9 Гц у твердих тілах збуджуються хвилі завдовжки до 1 мкм, що й визначає високу роздільну здатність методу.

Найчастіше для контролю деталей використовують ультразвуковий вид акустичного НК. Ультразвукові коливання (УЗК) генерують за допомогою п'єзOMETричних перетворювачів – спеціальних пластинок з кварцу, сульфату літію, титанату барію.

Втрата енергії при проходженні УЗК крізь речовину зумовлена її теплопровідністю, внутрішнім тертям, пружним гістерезисом і розсіюванням, а також від частоти УЗК і геометричних особливостей деталі.

При акустичному контролі надзвичайно важливо, щоб УЗК вводилися в контрольований виріб з мінімальними втратами коливань у місці контакту перетворювача з деталлю. Для цього використовують тонкий шар рідини, наприклад, масла – для деталей простої конфігурації.

В ремонтному виробництві найбільш поширений метод *відбитого випромінювання*, при якому у виріб через певне середовище вводять спрямований імпульс УЗК. Ультразвукові хвилі відбиваються від протилежної поверхні виробу, і відбитий сигнал приймає перетворювач.

Випромінювач можна одночасно використати і як приймач сигналів. Наявність дефекту супроводжується виникненням відбитого сигналу. Інтервал між введенням у виріб імпульсу та прийманням відбитого сигналу вимірюється і спостерігається на екрані дефектоскопа. Про контури дефекту можна робити висновки на основі положення і амплітуди відбитого від неї імпульсу.

Резонансний метод ґрунтується на реєстрації параметрів резонансних коливань, збуджених у контрольованому об'єкті. Метод дозволяє виміряти

товщину виробів у контрольованій зоні, виявити деякі дефекти в цій зоні. Коли виріб має товщину, яка відповідає резонансним частотам налагодження генератора, то в момент проходження резонансних частот виріб вібруватиме в резонанс з шукачем, що збільшує енергію, яку виділяє перетворювач. Це збільшення енергії можна виміряти. Практичне застосування резонансного методу - контроль паяних і клейових з'єднань.

Для контролю місткостей високого тиску, тонкостінних оболонок тощо застосовують метод *акустичної емісії*, який дає можливість визначити наявність, величину і місце мікротріщини. Хвилі акустичної емісії виявляють приєднанням п'єзоелектричних датчиків до поверхні, перетворенням і реєстрацією електричних імпульсів або кількості енергії. Прийняті імпульси або сигнали мають частоту 100–1000 кГц. Апаратура для НК емісійним методом має чутливі високочастотні приймачі, фільтри для усунення сторонніх шумів, підсилювачі з високим коефіцієнтом підсилення і низьким рівнем власних шумів, пристрої-реєстратори.

12.4.2. Магнітні методи

Магнітні методи НК ґрунтуються на принципі магнітного розсіювання. Їх основними видами є порошковий, резисторний та графічний.

У ремонтному виробництві переважно застосовують магнітопорошковий метод (або метод магнітних частинок), який ґрунтується на виявленні магнітних полів розсіювання за допомогою феромагнітних порошоків. Метод використовують для виявлення дефектів на феромагнітних деталях – видимих (виходять на поверхню) і приповерхневих (на глибині під поверхнею – до 3 мм). Це тріщини (гартувальні, термічні, шліфувальні, втомленісні та усадочні), неметалеві вкраплення, ковальські дефекти та

інші порушення суцільності з шириною розкриття 0,001–0,03 мм і глибиною 0,01–0,04 мм. Для контролю використовують звичайні (чи фарбовані) феромагнітні і магнітолюмінесцентні порошки.

Дослідження включає три етапи: намагнічування металу, нанесення магнітних частинок і розмагнічування. Магнітні частинки використовують в завислому стані в повітрі (сухими) чи в рідині (магнітна суспензія).

Якщо дефект поверхневий чи розташований близько від поверхні, то на його місці після намагнічування виникає пара магнітних полюсів, які затримують на поверхні нанесені магнітні частинки і утворюють зображення контуру дефекту, що визначає його розташування і протяжність. Поверхня виробу при цьому повинна бути чистою, сухою і без корозії, адже її стан істотно впливає на виявлення дефектів.

Магнітопорошковим методом можна контролювати деталі після фарбування або нанесення металевого покриття (цинкування, кадміювання, хромування). Якщо товщина покриття більша 30 мкм, контроль виявляє тільки великі дефекти.

Напруженість поля розсіювання від дефекту залежить від різних факторів: магнітної проникності матеріалу, намагнічування, форми виробу, форми, розмірів, розташування і орієнтації дефектів.

Після магнітного контролю необхідно зняти залишкове намагнічування, адже воно впливатиме на покази чутливих електричних приладів.

Застосовують три способи намагнічування деталей;

- *циркуляційне*, коли крізь деталь або провідник, на який встановлено деталь, пропускають струм (рис. 12.1). При цьому створюється магнітне циркуляційне поле, площина якого перпендикулярна до напрямку діючого

струму. Метод зручний для контролю деталей малого діаметра і великої довжини з поздовжніми дефектами;

- *поздовжнє*, коли деталь розміщують між полюсами електромагніта чи в поле соленоїда (рис. 12.1, б). Метод ефективний для контролю деталей з магнітотвердих матеріалів;

- *комбіноване* (поздовжнє і циркулярне) дозволяє контролювати деталі з будь-якою орієнтацією дефектів.

Для намагнічування використовують постійний, змінний чи імпульсний струм з безпечною напругою. Постійний струм створює магнітне поле, яке глибоко проникає в метал. А дія магнітного поля, створюваного змінним струмом, обмежена лише зовнішніми шарами металу. Тому змінний струм найчастіше застосовують для виявлення поверхневих дефектів.

При «сухому» методі контролю як індикаторне середовище використовують феромагнітні порошки з високою магнітною проникністю і малою коерцитивністю типу ПЖ. Після нанесення на поверхню зайвий порошок видаляють слабким потоком повітря.

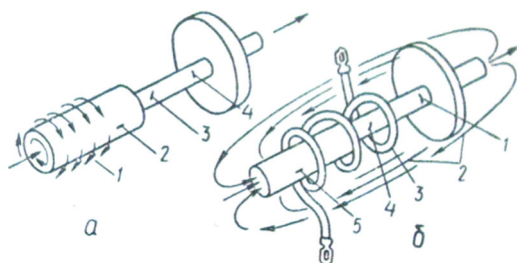


Рис. 12.1. Способи намагнічування: а – циркулярне: 1 – силові лінії; 2 – поздовжня тріщина (виявляється); 3 – тріщина під кутом 45° (виявляється); 4 – поперечна тріщина (не виявляється); б – поздовжнє: 1 – поперечна тріщина (виявляється); 2 – силові лінії; 3 – соленоїд; 4 – тріщина під кутом 45° (виявляється); 5 – поздовжня тріщина (не виявляється)

При «мокрому» методі контролю як індикаторне середовище використовують подрібнені частинки оксиду заліза, суспендовані в легких маслах, гасо-масляних сумішах чи воді. У воду також додають біхромат калію (близько 5 г/л), кальциновану соду (близько 10 г/л) та емульгатор (близько 5 г/л). Суспензію наносять на поверхню контрольованого виробу.

При виявленні приповерхневих дефектів ефективними є магніто-люмінісцентні чи флюоресціюючі порошки, які полегшують контроль і забезпечують підвищену чутливість.

Для контролю деталей магнітопорошковим методом застосовують дефектоскопи, які включають пристрої для закріплення об'єкта випробування (чи пристрої для намагнічування), нанесення індикаторного середовища (ванни для занурення), розмагнічування і огляду поверхні. У ремонтному виробництві використовують магнітні дефектоскопи типу УМДЗ, які дають можливість здійснювати повний цикл магнітного контролю – з автоматичним розмагнічуванням після контролю.

Недоліками магнітопорошкової дефектоскопії є неможливість виявлення внутрішніх дефектів та вплив конфігурації деталі на результати контролю і певна суб'єктивність.

12.4.3. Радіаційні методи

Радіаційні методи НК ґрунтуються на реєстрації і аналізі проникаючого випромінювання після взаємодії з контрольованим об'єктом. Ними виявляють поверхневі і глибинні тріщини, орієнтовані вздовж напрямку променя, раковини, ліквіацію, неметалеві і шлакові вкраплення – дефекти протяжністю від 2 (сталь) до 10 відсотків (легкі сплави) від товщини виробу при ширині $>0,025$ мм.

За характером взаємодії фізичних полів з об'єктом радіаційні методи класифікують на методи проникного, розсіяного та характеристичного випромінювання, а також – автоемісійний; за способом одержання інформації – на сцинтиляційний, іонізаційний, вторинних електронів, радіографічний та радіоскопічний методи.

Чутливість радіаційних видів визначається в напрямі просвічування (*контрастна чутливість*) і в напрямі, перпендикулярному до просвічування (*роздільна здатність*).

У техніці найчастіше застосовують рентгенівський і гамма-метод.

Рентгенівський метод служить для індикації внутрішніх дефектів у матеріалах, їх місцезнаходження, форми і розмірів і використовує рентгенівське випромінювання. Об'єкт просвічують вузьким пучком випромінювань, який послідовно переміщують по контрольованих ділянках (рис. 12.2). Випромінювання проходить крізь контрольовану ділянку, перетворюється детектором на електричний сигнал, пропорційний інтенсивності випромінювання. Сигнал через підсилювач надходить на реєстраційний пристрій. Метод високопродуктивний, але важко робити висновки щодо характеру і форми дефектів, неможливо визначити глибину їх залягання.

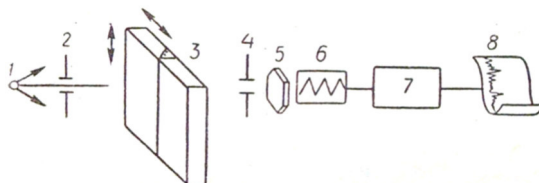


Рис. 12.2. Схема рентгенівського контролю: 1 – джерело випромінювання; 2, 4 – коліматори; 3 – контрольований об'єкт; 5 – чутливий елемент; 6 – фотопомножувач; 7 – підсилювач; 8 – реєстратор

У *гамма-дефектоскопах* застосовують випромінювання радіоактивних ізотопів. Джерело випромінювання вибирають залежно від матеріалу об'єкта контролю і його товщини.

Вибір устаткування для контролю визначається товщиною матеріалу контрольованого виробу, швидкістю виконання контролю, конфігурацією контрольованої деталі, технологічними особливостями контролю.

При радіаційному контролі особливу увагу приділяють охороні праці – потрібно неухильно додержуватися заходів захисту і запобігання від уражень іонізуючим випромінюванням. Для цього служать екранування захисними матеріалами (свинець, свинцеве скло, свинцева гума, вольфрам), дотримання безпечної відстані та граничного часу перебування в зоні випромінювання.

12.4.4. Капілярні методи

Капілярні методи (методи проникних рідин) ґрунтуються на проникненні індикаторних рідин у порожнини поверхневих дефектів і реєстрації індикаторного рисунка.

За способом одержання інформації капілярні методи поділяють на:

- *кольоровий* (хроматичний) – ґрунтується на реєстрації кольорового контрасту індикаторної рідини і фону поверхні контрольованого об'єкта;

- *люмінесцентний* – ґрунтується на реєстрації параметрів флюоресціюючої індикаторної рідини, яка проникає в порожнини дефектів при опроміненні ультрафіолетовим промінням;

- *люмінесцентно-кольоровий* – ґрунтується на реєстрації параметрів флюоресціюючої індикаторної рідини, яка проникає у порожнини дефектів у видимому

світлі при опроміненні ультрафіолетовим промінням;

- метод *фільтрівних частинок* – ґрунтується на реєстрації контрастів яскравості і кольору, скупчення індикаторних частинок у зоні дефекту на поверхні контрольованого об'єкта.

- *контрастний* (ахроматичний) – ґрунтується на реєстрації контрасту індикаторної рідини і фону поверхні контрольованого об'єкта.

А авторемонтному виробництві найбільш поширені перші три методи, які застосовують для визначення поверхневих дефектів деталей (тріщин, пор тощо) з шириною розкриття 0,001 мм і більше, завглибшки 0,01 мм і більше.

Суть методу: на попередньо очищену контрольовану поверхню деталі наносять рідину з великими змочувальними здатністю і капілярним тиском (пенетрант), яка проникає в найдрібніші тріщини і пори (рис. 12.3). Швидкість потрапляння рідини в порожнину дефекту визначається поверхневим натягом, кутом змочування і в'язкістю рідини. Порожнини дефектів можуть заповнюватись при зниженому тиску, при дії на проникну рідину підвищеного тиску чи ультразвукових коливань (компресійний і ультразвуковий методи), при статичному навантаженні об'єкта контролю для розкриття тріщини (деформаційний метод).

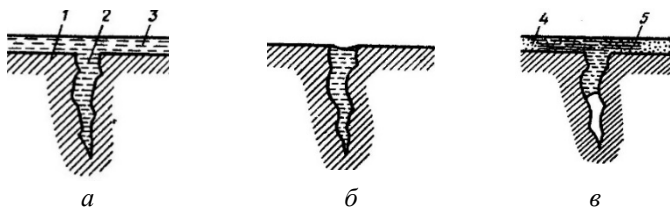


Рис. 12.3. Схема капілярного контролю деталі: а – тріщина, що заповнена проникаючою рідиною; б – рідина видалена з поверхні деталі; в – нанесений проявник, тріщина виявлена; 1 – деталь; 2 – порожнина тріщини; 3 – проникаюча рідина; 4 – проявник; 5 – слід тріщини

Після проникнення рідини в дефекти надмірну частину рідини з поверхні видаляють і на неї наносять шар проявника, наприклад – порошок з великою абсорбуючою здатністю (рис. 1, в). Він абсорбує рідину, що залишилася в дефекті і забарвлюється в яскравий колір барвника в місці розташування дефекту (при кольоровому методі) або змочується рідиною з люмінесціюючою добавкою, яка після опромінення ультрафіолетовим промінням починає флуоресціювати.

До проникної рідини додають барвник (при кольоровому методі) чи люмінофор (при люмінесцентному). Чутливість капілярних методів залежить від вибору барвника (люмінофора), змочувальної здатності основного компонента, властивостей абсорбуючої речовини і якості підготовки поверхні деталі.

Різні методи контролю мають деякі особливості.

При *кольоровому контролі* деталь очищають від лакофарбових покриттів, масла, стружки, інших забруднень і наносять проникну рідину з барвником – пензлем або зануренням у рідину. Після витримання (5–10 хв) рідину видаляють з поверхні водою або розчинником.

Індикаторні речовини виготовляють на основі гасу з добавкою бензолу, скипидару та барвників. Для контролю виробів з темною поверхнею застосовують порошок, забарвлений люмінофорами – для виявлення найтонших тріщин, що проявляються у вигляді тонких ліній, яскравість яких залежить від глибини тріщини. Пори проявляються як цятки різної величини, міжкристалітна корозія – як тонка сітка. Дуже дрібні дефекти можна спостерігати крізь лупу.

Після закінчення контролю проявник видаляють з поверхні деталі, яку потім просушують.

При *люмінесцентному контролі* на очищену поверхню наносять флуоресціюючу рідину, для чого деталь

занурюють в резервуар і витримують на повітрі 5–10 хв – щоб розчин проник у мікроскопічні дефекти на поверхні. Розчин видаляють стиснутим повітрям, струменем води чи змоченим в розчиннику марлевым тампоном, далі деталь просушують.

Для прискорення виходу дефекту з площини на поверхню флуоресціюючої рідини, її обсіпають порошком з абсорбуючими властивостями (силікогель, оксид магнію,). Деталь витримують протягом 8–10 хв, після чого зайвий порошок видаляють. Адсорбуючий порошок, просочений флуоресціюючою рідиною, залишається в місцях розташування дефектів. Опромінюючи деталь ультрафіолетовим промінням, уточнюють розташування дефекту на темній поверхні деталі у вигляді яскравого свічення різних відтінків – залежно від люмінофорів.

Люмінесцентно-кольоровий контроль є комбінованим методом, який дозволяє виявляти поверхневі дефекти з найвищою чутливістю в денному і ультрафіолетовому світлі без застосування оптичних приладів.

Люмінесцентно-кольоровий метод має особливості:

- виявляє малі тріщини на поверхні – до 1 мкм;
- індикаторна рідина флуоресціює і після висихання проявника;
- змивна речовина є розчинником індикатора, що гарантує його видалення лише з поверхні виробу;
- проявник швидко висихає.

Технологія контролю включає знежирення поверхні розчинниками; нанесення проникної індикаторної рідини; промивання деталі проточною водою з подальшим протиранням тампоном, змоченим очищувальною рідиною; виявлення дефектів нанесенням рівного тонкого шару проявника.

12.4.5. Вихрострумівий контроль

Метод ґрунтується на взаємодії поля вихрострумівого перетворювача з електромагнітним полем вихрових струмів, що наводяться в контрольованому об'єкті. Його застосовують для виявлення несутільностей і неоднорідностей структури, відхилень хімічного складу в електропровідних виробих, а також для вимірювання товщин покриття, листових матеріалів і труб.

Суть методу: коли до поверхні металевого виробу піднести котушку, через яку проходить змінний струм, у металі наводяться вихрові струми (рис. 12.4), які залежать від величини і частоти змінного струму, електропровідності, магнітної проникності і форми виробу, відносного розміщення котушки та виробу, від неоднорідностей або несутільностей виробу.

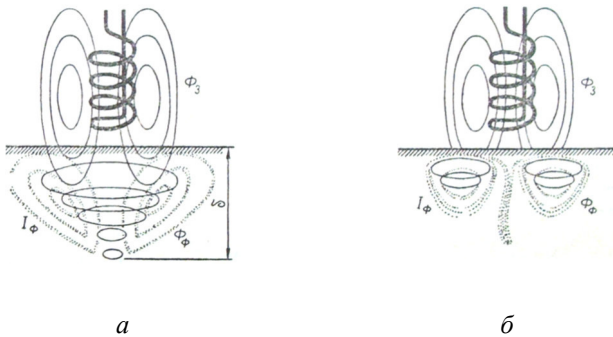


Рис. 12.4. Схема вихрострумівого методу

Електромагнітне поле вихрових струмів має протилежний напрям порівняно з навідним. Тому вихрові струми впливають на загальний опір (імпеданс) котушки збудження, що знаходиться безпосередньо поблизу виробу. Визначення величини й характеру змін внесених опорів (активних та індуктивних) і є основою для виявлення дефектів (або відмінностей) у фізичній, хімічній та

металургійній структурі металу. Отож, струм, який проходить котушкою, несе інформацію про виріб, його розміри, механічні і хімічні властивості, наявність дефектів – відбувається своєрідне відбиття електромагнітної операції.

У вихрострумових приладах використовують різні способи збудження вихрових струмів: розміщення об'єкта в котушку чи котушки в об'єкті (метод прохідного перетворювача), накладання перетворювача на об'єкт (накладні перетворювачі), за допомогою комбінованих перетворювачів.

Лекція 13. КОМПЛЕКТУВАННЯ І СКЛАДАННЯ МАШИН

13.1. Сортування деталей

Сортування деталей на групи придатних, непридатних і таких, що потребують відновлення, дають можливість визначити коефіцієнти придатності, змінності і відновлення [3].

Коефіцієнт придатності K_{np} показує, яку частину деталей даної назви можна використати під час КР автомобіля повторно без ремонтного втручання:

$$K_{np} = n_{np} / n_0, \quad (13.1)$$

де n_{np} – кількість придатних деталей; n_0 – загальна кількість деталей даної назви, що пройшли дефектування.

Коефіцієнт змінності $K_{зм}$ показує, яка частина деталей даної назви при КР потребує заміни:

$$K_{зм} = n_n / n_0, \quad (13.2)$$

де n_n – кількість непридатних деталей.

Коефіцієнт відновлення $K_в$ показує, яка частина деталей даної назви потребує відновлення:

$$K_в = n_в / n_0, \quad (13.3)$$

де $n_в$ – кількість деталей, що потребують відновлення.

Знання маршрутних коефіцієнтів дає можливість визначати обсяг робіт на кожному маршруту і планувати завантаження устаткування на ділянках відновлення. Відомо, що деталі, які потребують відновлення, мають не один дефект. Крім того, дефекти деталей повторюються у певних комбінаціях, підпорядковуючись закономірностям, конструктивної і технологічної характеристики деталі і умов експлуатації. Тому сортувати деталі треба з урахуванням дійсного поєднання дефектів за маршрутами відновлення.

На деталі позначають дефектні ділянки і вказують номер маршруту, який має передбачати технологічний взаємозв'язок поєднань із способами відновлення.

Найвигідніша послідовність виконання різних операцій відновлення деталей дістала назву маршрутної технології. Склад маршрутів та їх кількість по кожній назві деталей встановлюють залежно від поєднання однорідних дефектів даної деталі; послідовність виконання операцій в усіх випадках однакова.

Деталь може мати кілька маршрутів відновлення, які визначають на підставі досліджень. Основні принципи, якими керуються в розробці маршрутів:

- комбінація дефектів у кожному маршруті має бути дійсною (реально існувати);
- кількість маршрутів відновлення деталі має бути мінімальна (для кожної деталі – в межах двох-трьох, а для складних деталей – не більш як п'ять).

Велика кількість маршрутів ускладнює організацію виробництва, збільшує обсяг документації, потребує розширення складських приміщень, утруднює планування і облік роботи виробничих дільниць. Зменшити кількість маршрутів можна об'єднанням комбінацій дефектів, які різняться між собою незначними дефектами, в одну комбінацію.

Кількість маршрутів можна зменшити також, виключивши маршрути з комбінаціями дефектів, які рідко трапляються;

Формуючи маршрути, треба враховувати спосіб відновлення. Якщо, наприклад, у чашки диференціала спрацьований отвір під шийку шестерні півосі і прийнято спосіб відновлення гільзуванням, при якому одночасно усувають два дефекти (спрацювання отвору і спрацювання торцевої поверхні), то до комбінації дефектів, що підлягають усуненню, треба включити обидва дефекти – не

залежно від того, чи є тільки один з них, чи обидва одночасно;

Відновлення деталі за даним маршрутом має бути економічно доцільним. Якщо витрати на відновлення деталі, віднесені до одиниці її наробітку, будуть менші від відповідних питомих витрат на виготовлення деталі, то її відновлення за даним маршрутом є доцільним.

Маршрутну технологію ремонту деталей розробляють у такій послідовності:

- встановлюють комбінацію, дефектів, що входять до кожного маршруту;
- визначають кількість маршрутів і способи усунення окремих дефектів у кожному маршруті.

Оскільки один і той самий дефект деталі залежно від характеру наявних у ній інших дефектів можна усувати різними способами, то в різних маршрутах можуть бути різні способи усунення цього дефекту. Вибір того чи іншого способу має бути економічно обґрунтований.

Маршрутну технологію, в якій кожен маршрут призначено для відновлення деталей однієї назви, називають подетальною. Вона має такі недоліки:

- для її розробки потрібні великі витрати часу, оскільки на деталі кожної назви припадає 3–5 маршрутів;
- для її здійснення потрібно використовувати значну кількість пристроїв та інструментів, що неминуче підвищує собівартість ремонту деталей. Тому часто використовувати високопродуктивне устаткування й оснащення стає економічно недоцільним.

Більш прогресивною системою є групова маршрутна технологія. Технологічний процес ремонту розробляють на групу технологічно надійних деталей кількох назв, які характеризуються спільністю способів відновлення, формою поверхонь, спільністю устаткування й інструментів, а також ті, для яких спільна послідовність

операцій і переходів. Для розробки групової маршрутної технології деталі всіх назв попередньо ділять на класи та групи з урахуванням перелічених ознак.

Наприклад, деталі вантажного автомобіля можна поділити на 8 класів:

I – корпусні деталі;

II – маточини, гальмівні барабани, кришки та корпуси підшипників, шківни, чашки коробок диференціалів;

III – колінчасті, ступінчасті, карданні, шлицьові, гладкі й інші вали;

IV – диски, кришки, фланці, планки, шайби, гайки;

V – кронштейни, шатуни, вилки, тяги, важелі;

VI – деталі з тонколистової сталі;

VII – арматура, кріпильні деталі;

VIII – деталі, які потребують спеціального оснащення при їх ремонті.

У межах кожного класу деталі поділяють на 5–7 груп. Так, деталі I класу можна поділити на такі групи: 1 – блок циліндрів з картером зчеплення у зборі, картер зчеплення; 2 – головка циліндрів двигуна, головка циліндрів компресора; 3 – картер заднього моста; 4 – картер коробки передач, картер редуктора заднього моста, кришка підшипника диференціала; 5 – корпус верхньої секції масляного насоса, корпус масляних фільтрів, корпус підшипників водяного насоса, картер рульового компресора, блок циліндрів компресора в зборі; 6 – кришка картера коробки передач.

В разі застосування групової маршрутної технології зростають вимоги до якості дефектування і сортування деталей. Дефектувальник повинен визначити не тільки дефекти деталей, а й правильно віднести деталь до певної групи і призначити номер маршруту. На складі деталі, які очікують ремонту, мають бути розкладені по групах і маршрутах.

Застосування групової маршрутної технології ремонту дає можливість скоротити до мінімуму технологічну документацію; широко використовувати групові та універсальні пристрої (при цьому скорочується їх номенклатура); збільшити серійність обробки (кількість деталей у партії).

Вищим ступенем уніфікації відновлення деталей порівняно з груповою маршрутною технологією є типізація технологічних процесів. Цей метод передбачає усунення всіх основних дефектів у деталях даної групи (за прийнятою класифікацією), що в кінцевому підсумку підвищує його економічну ефективність.

Типовим є технологічний процес, який характеризується єдністю змісту і послідовності більшості технологічних операцій і переходів для групи виробів із спільними конструктивними ознаками. Його основним технологічним документом є маршрутна карта, яка повністю й однозначно визначає технологічний процес ремонту деталі. Маршрутну карту доповнюють карти ескізів і карти контрольних операцій.

13.2. Комплектування машин

Для ритмічної роботи під час складання агрегатів і машин деталі нагромаджують в комплектувальному відділенні, куди вони надходять з дефектувального відділення, складу запасних частин і цеху відновлення спрацьованих деталей.

Сортування деталей передбачає розкладання їх за належністю до конкретних агрегатів, вузлів та машин. Цей процес – складна і відповідальна операція, яка впливає на якість складання і надійність роботи спряжень. Деталі сортують на розмірні групи у комплектувальному відділенні на спеціальних постах, оснащених необхідними вимірювальними інструментами та пристроями. Особливу

увагу потрібно звертати на поділ деталей на розмірні групи, яких має бути не більше п'яти а кількість деталей у групах, по можливості – однакова. Допуски на розмірні групи призначають з урахуванням овальності, конусності, шорсткості, хвилястості та інших параметрів поверхневого шару деталей.

Розмірні групи маркують цифрами, літерами чи фарбою певних кольорів.

Поділ на розмірні групи доцільно здійснювати для таких спряжень двигуна: циліндр – поршень, поршень – поршневий палець, поршневий палець – шатун, довжина першої корінної шийки колінчастого вала – упорна шайба. Шатуни також сортують за масою і міжосьовою відстанню верхньої і нижньої головок, а поршні – за масою.

Для КПП доцільний такий поділ: отвір ведучого вала - роликівий підшипник, шийка веденого вала – роликівий підшипник, шліцьові з'єднання синхронізаторів та шестерень з валами; для редуктора ведучого моста: бокові кришки – отвори в картері, зазор між торцями розпірної втулки і внутрішнього кільця переднього підшипника, шип хрестовини диференціала – сателіт, зазор між торцями півосьової шестірні і чашки диференціала, шестерні ведена і ведуча (по плямі дотикання).

13.3. Особливості складання типових спряжень

На роботу спряжень значно впливає незрівноваженість рухомих частин, оскільки вона негативно впливає на роботу агрегатів і машин у цілому: спричиняє підвищені вібрації, прискорене спрацювання і руйнування деталей.

Незрівноваженість деталей та вузлів виникає внаслідок неточності розмірів, нерівномірної густини матеріалу, несиметричного розташування маси деталі

відносно осі обертання, нерівномірних спрацювань порушення співвісності спряжуваних деталей тощо.

Розрізняють статичну, динамічну і змішану незрівноваженість.

Статична незрівноваженість виникає у випадку, коли центр ваги деталі (вузла) не співпадає з його віссю обертання (рис.13.5, а). Тоді виникає відцентрова сила:

$$P_H = m_H R_H \omega^2. \quad (13.4)$$

Для статичного зрівноваження достатньо розташувати у площині, що перпендикулярна до осі обертання, противагу масою m_y на відстані R_z , що викликає зрівноважувальну силу інерції, рівну за величиною силі інерції від дисбалансу і протилежною до неї за напрямом.

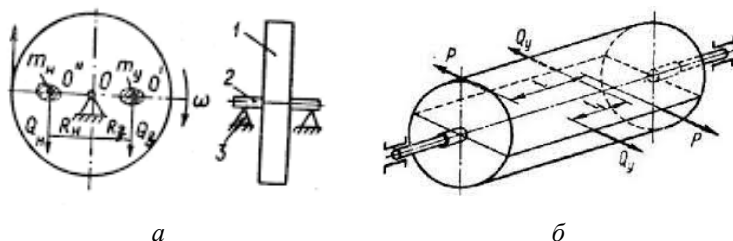


Рис. 13.5. Схема зрівноважування деталей

Статичне балансування проводять так. Деталь 1 закріплюють на гладеньку оправку 2 і встановлюють на дві паралельні горизонтальні призми 3. Під дією незрівноваженої маси деталь буде перекочуватися по призмах доти, поки центр мас не займе найнижче положення, тобто буде розташований внизу на вертикалі, що проходить через її вісь обертання. Довжина призм береться такою, щоб деталь вільно могла робити не менше двох вільних обертів. Прикріплюючи у верхній частині деталі пробний вантаж (противагу), можна домогтися її

рівноважного положення на призмах. Противагу кріплять на певному радіусі.

Виявивши місце концентрації незрівноваженої маси (O''), необхідно у діаметрально протилежній точці (O') на відстані R_3 прикріпити тягарець масою m_3 . У цьому випадку деталь знаходиться в умовах рівноваги:

$$\Sigma M_o = m_n R_n - m_3 R_3 = 0.$$

Звідси маса зрівноваженого тягарця:

$$m_3 = (m_n R_n) / R_3. \quad (13.5)$$

Динамічна незрівноваженість виникає у випадку неспівпадання осі деталі з головною віссю інерції (рис. 13.5, б). При обертанні деталі незрівноважені по довжині маси спричиняють виникненню пари сил, яка намагається повернути вісь вала на певний кут. Тобто, цей момент зміщує головну вісь інерції відносно осі обертання вала і викликає в опорах вала додаткові реакції.

Зрівноважити момент цієї пари сил іншою парою сил, прикладених у тій самій площині:

$$Ql = P_3 l, \quad (13.6)$$

де P_3 – зовнішня зрівноважувальна сила; l – відстань (плече) пари зрівноважувальних сил.

Динамічне балансування проводять на балансувальних верстатах, у яких використовують ефект коливання незрівноважених деталей при їх швидкому обертанні (рис. 13.6). Деталь 1 вміщують на підшипникові опори станини 2, консольно встановленої на рамі 4 за допомогою опори 3.

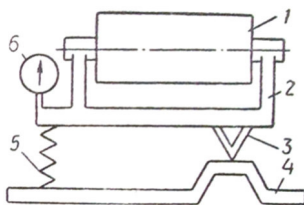


Рис. 13.6. Установка для динамічного балансування

Під дією відцентрових сил і моментів опора, яка вільно лежить на пружині 5, починає коливатися. Амплітуду коливань вимірюють індикатором 6. До деталі по черзі прикріплюють пробні тягарці, добиваючись припинення коливань.

Змішана незрівноваженість виникає в реальних умовах коли одночасно є статичний момент від незрівноваженої маси і статичний момент від відцентрових сил.

Значення дисбалансу деяких деталей і вузлів автомобілів наведено в табл. 13.1.

Таблиця 13.1

Значення дисбалансу деталей і вузлів автомобілів

Деталь, вузол	Автомобілі	
	легкові	вантажні
Колінчастий вал	0,10–0,15	0,2–0,3
Колінчастий вал у зборі з маховиком і зчепленням	0,2–0,5	0,5–0,7
Маховик	0,3–0,4	0,35–0,6
Ведений диск зчеплення	0,10–0,25	0,3–0,5
Карданний вал	0,15–0,25	0,5–0,75

Для балансування колінчастих валів окремо і у зборі з маховиком і зчеплення, карданних валів використовують балансувальні верстати динамічної дії.

Складання різьбових з'єднань – це постановка шпильок, болтів, гайок, гвинтів. Момент затягування різьбового з'єднання визначають за розрахунковими формулами, залежно від матеріалів різьбових деталей і їх розмірів.

При складанні різьбових з'єднань потрібно правильно визначити послідовність затягування: щоб не було перекошень і жолоблення деталей слід затягувати спочатку середні гайки, потім сусідні справа, сусідні зліва – і так до крайніх.

Для закручування болтів і гайок використовують ручні інструменти (гайкові ключі – розмірні і універсальні (розвідні), накидні, торцьові і спеціальні) та механізовані інструменти з електро- і пневмоприводом, у яких для обмеження граничного моменту затягування застосовують запобіжні муфти. Для забезпечення моменту затягування застосовують динамометричні ключі.

Для підвищення продуктивності складальних робіт застосовують багатошпindelні гайковерти, якими можна одночасно накручувати кілька гайок.

Конусні з'єднання складають так, щоб між торцями охоплюючої і охоплюваної деталей був зазор, необхідний для затягування з'єднання і наступного підтягування його в процесі експлуатації.

При складанні *шпонкових з'єднань* призматичні та сегментні шпонки встановлюють у паз з натягом – легкими ударами мідного молотка. Клиновидні шпонки мають входити в пази спряжуваних деталей з натягом по висоті.

Нерухомі шліцьові з'єднання складають за допомогою гідравлічних пресів або спеціальних пристроїв. Для запресування охоплюючі деталі нагрівають до температури 70–100° С.

У *рухомих шліцьових з'єднаннях* спряжувану деталь перед складанням підбирають за валом.

Після складання *нерухомі шпонкові і шліцьові з'єднання* перевіряють на биття охоплюючої деталі відносно охоплюваної по торцю та твірній.

З'єднання з нерухомими посадками складають за допомогою гідравлічних або механічних пресів. Деталі з невеликим натягом з'єднують за допомогою ручних рейкових пресів або легкими ударами мідного молотка. Великі деталі з великим натягом з'єднують після попереднього нагрівання охоплюючої деталі (іноді – з охолодженням охоплюваної) до температури, яка залежить

від натяга у спряженні, номінального діаметра спряжуваних деталей і коефіцієнта лінійного розширення металу деталі, яку нагрівають (чи охолоджують). Максимальна температура нагрівання деталей – 500° С, щоб вони не втратили початкову міцність. Нагрівають деталі у гарячому маслі, охолоджують у рідкому азоті чи діоксиді вуглецю.

Щоб уникнути перекошень під час пресових робіт застосовують різні оправки та наставки, які рівномірно розподіляють зусилля по спряжених поверхнях.

Підшипники кочення напресовують на вал або запресовують у корпус за допомогою преса чи гвинтових пристроїв. Зусилля треба прикладати рівномірно по всьому кільцю. Для цього використовують підкладні кільця (рис. 13.7, *а*), монтажні труби (рис. 13.7, *б*, *в*) або гайки (рис. 13.7, *г*).

Правильно встановлені підшипники повинні вільно обертатися.

Нерознімні підшипники ковзання (втулки) звичайно запресовують у гнізда, після чого розточують або розвірчують під діаметр шийки вала. Втулки запресовують на гідравлічних і механічних пресах, причому потрібно добиватися співпадання маслопровідних каналів у втулці та корпусі. Розточуючи втулки, слід обов’язково додержувати співвісності втулки і гнізда.

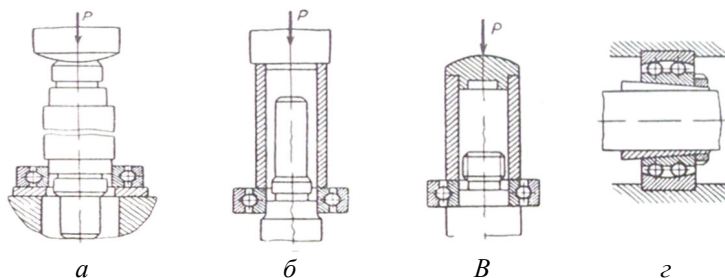


Рис. 13.7. Встановлення підшипників кочення на вал і в корпус

Шестерні напресовують на вали та осі пресом або спеціальними пристроями. Якість складання зубчастих передач оцінюють за бічним зазором і приляганням робочих поверхонь зубів. Бічні зазори між зубами вимірюють індикатором або щупом. При складанні зубчастих зачеплень з великим модулем бічний зазор можна визначити за допомогою свинцевої пластини, прокатавши її між зубами, а потім вимірявши мікрометром її товщину. Взаємний контакт робочих поверхонь зубчастих коліс перевіряють «на фарбу». Для цього робочі поверхні шестірни покривають фарбою і кілька разів прокручують зубчасті колеса в різних напрямках. Про контакт робочих поверхонь зубів свідчить форма і розташування відбитків (рис. 13.8).

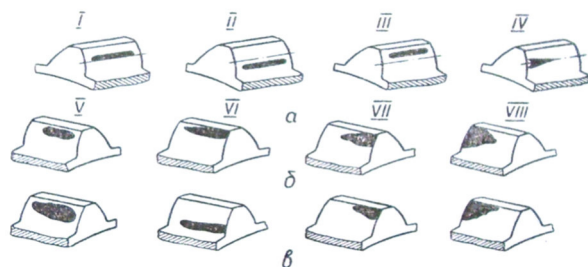


Рис. 13.8. Перевірка контакту зубчастих коліс «на фарбу»:
а – циліндричних; б – конічних (зуби ведучої шестірни); в – конічних (зуби веденої шестірни); I – при нормальній міжцентровій відстані; II – при зменшеній; III – при збільшеній; IV – у випадку перекошення осей; V – при нормальному зачепленні; VI, VII та VIII – при неправильному зачепленні

Заклепкові з'єднання виконують у нагрітому чи холодному стані. Вільний кінець заклепки висаджують оправками, гідравлічними чи пневматичними пристроями. Не допускається нещільне прилягання головок заклепок до поверхні деталі.

При складанні *ланцюгових і пасових передач* контролюють їх натяг за величиною стріли провисання неробочої вітки, яку вимірюють лінійкою. Зірочки та шківни передач мають перебувати в одній площині, що перевіряють, прикладаючи до їхніх торців сталюну лінійку чи натягуючи струну.

13.4. Складання агрегатів

Складання двигуна. Для якісного складання двигунів всі деталі перед складанням потрібно продути стиснутим повітрям, тертьові поверхні старанно протерти, промити та змастити.

На спеціальних постах складають такі вузли: поршень з шатуном, головку циліндрів, колінчастий вал з маховиком і зчепленням, масляну і водяну помпи тощо.

Деякі спряжені деталі (блок циліндрів – кришки корінних підшипників, шатун – кришка тощо) обробляють спільно, тому в процесі ремонту їх треба зберігати комплектно.

Різьбові з'єднання (кріплення головки циліндрів, кришок шатунів і корінних підшипників тощо) остаточно затягують з потрібним моментом у заданій послідовності. Після затягування гайок корінних підшипників колінчастий вал повинен прокручуватись вільно. Якщо ні – то це свідчить про неспіввісність посадочних поверхонь під вкладиші, прогин вала чи дефекти складання.

Складання шатунно-поршневої групи здійснюють з урахуванням того, що спряження кривошипно-шатунного механізму, які працюють у важких умовах, повинні забезпечувати задану герметичність при жорстких допусках посадок. Тому на лінії складання двигунів організують два робочих пости: перший – для підбору поршнів за циліндрами, другий – для складання групи.

Циліндри блока після механічної обробки та миття сортують на розмірні групи і маркують. Поршні однієї масової групи вибирають за циліндрами, узгоджуючи розмірні групи поршнів з розмірними групами циліндрів. За підібраним комплектом поршнів вибирають комплекти поршневих пальців – за розмірними групами отворів у бобишках, а за поршневими пальцями – комплект шатунів відповідних розмірних груп отвору у малій головці.

Карданну передачу складають з попередньо складених вузлів – карданних валів, проміжної опори, шарнірів. Деталі перед складанням треба промити і обдути стиснутим повітрям, а гольчасті підшипники – змастити мастилом. Мастильні канали хрестовин прочищають, в отвори вкручують запобіжні клапани. При складанні карданних передач контролюють осьовий зазор хрестовин, легкість обертання підшипника опори та переміщення ковзної вилки, сумарний окружний зазор карданних валів і прогин їх труби. Карданні вали балансують у зборі.

Складання рульового керування з гідропідсилювачем включає складання вузлів: рульового механізму з гідропідсилювачем, помпи гідропідсилювача, карданного вала, колонки. Перед складанням усі деталі необхідно старанно промити і просушити. Під час складання деталі потрібно змащувати маслом, яке застосовують для гідропідсилювачів. Після складання рульового механізму контролюють момент обертання рульового гвинта (він не повинен перевищувати рекомендованої величини), величину зусилля реактивних пружин на всьому шляху переміщення поршня-рейки.

Лекція 14. ВИПРОБУВАННЯ АГРЕГАТІВ І АВТОМОБІЛІВ

14.1. Припрацювання агрегатів

Припрацювання агрегатів є завершальним етапом ремонтного процесу, завдання якого – підготовка до сприйняття експлуатаційних навантажень і перевірка характеристик, які мають відповідати технічним умовам, виявлення можливих дефектів.

Припрацювання деталей служить для формування оптимальної для експлуатації мікро- і макрогеометрії поверхні, механічних та фізико-хімічних властивостей. Припрацьована поверхня має рівномірну мікрогеометрію, оскільки гребінці від тертя деформуються, заокруглюються і спрацьовуються. Це приводить до зменшення роботи тертя внаслідок рівномірного розподілу питомого навантаження по тертьових поверхнях і зниження інтенсивності спрацьовування в експлуатації. При якісному припрацьовуванні макродефекти деталей (овальність, конусність тощо) зменшуються, а при порушенні режиму припрацьовування вони, навпаки, розвиваються: виникають задирки, мікросхоплювання, огранка тощо.

Під час припрацювання у поверхневих шарах металу відбуваються корисні та шкідливі процеси. З одного боку, метал ущільнюється, наклепується, підвищується його твердість, з іншого – внаслідок втомленості та інших факторів він стає напруженим, утворюється густа сітка поверхневих мікротріщин. Отже, потрібно керувати і цими процесами, шукати шляхи поліпшення припрацювання і формування оптимальних властивостей припрацьованих поверхонь деталей.

Припрацьовування агрегатів триває 1–5 год, тому скорочення цього процесу дуже важливе.

Покращити якість припрацювання і зменшити його час можна такими шляхами:

– *якістю обробки деталей і точністю складання.* Шорсткість поверхні деталі повинна наближатися до тієї, яка утворюється після припрацювання деталі. Це гарантує мінімальне спрацювання у початковий період припрацювання і подальшу стійку роботу спряження. Спотворення геометричної форми та неточності складання призводять до нерівномірного розподілу зовнішніх сил і підвищеного спрацювання;

– застосуванням під час обкатування *оптимальних навантажувально-швидкісних режимів*, які потрібно збільшувати плавно. Їх підвищення у початковий період обкатування понад оптимальних значень інтенсифікує процес спрацювання. Для різних агрегатів існують оптимальні режими припрацьовування і обкатування;

– *введенням присадок до картерного масла при обкатуванні.* Застосовують присадки інактивні (ІА), поверхнево-активні (ПА), хімічно активні (ХА) та високомолекулярні (ВМ).

ІА-присадки (колоїдний графіт, дисульфід молібдену), осаджуючись на поверхні деталі, перешкоджають суто металевому контакту гребінців нерівностей, утворюють майданчики ковзання, тому спрацювання зменшується.

Хімізм дії ПА-присадок (колоїдна сірка, олеїнова кислота) та ХА-присадок (сульфосаліцилова кислота, ортооксихінолін) пов'язаний із складними фізико-хімічними процесами: утворенням м'яких, порівняно з основним металом, продуктів, пластифікуванням і згладжуванням мікрогребінців. Присадки скорочують час припрацювання деталей без підвищення їх спрацювання.

ВМ-присадки (поліізобутилен, поліметилметакрилат) підвищують в'язкість масла та несучу здатність масляного

клину, тому зменшується імовірність сухого контакту мікрогребінців і знижується спрацювання. Проте такі присадки можна додавати до масел тільки в незначних кількостях, адже значне збільшення в'язкості масла веде до розвитку адгезійно-молекулярних процесів, зростання сил тертя і збільшення зношення.

Найбільшого ефекту досягають додаванням до масла багатокomпонентних присадок, комплексна дія яких дає значне скорочення часу обкатування і підвищення якості припрацювання.

14.2. Припрацювання і випробування двигунів

Випробування двигунів складається з холодної і гарячої стадій (без навантажування і під навантаженням). Двигуни обкатують на електрогальмівних стендах.

Холодне обкатування, наприклад, дизельних двигунів, спочатку виконують без компресії, а потім – з компресією. Під час холодного обкатування стежать за температурою тертьових деталей і загальним тепловим режимом двигуна, тиском масла, прослуховують ритмічність роботи, виявляють витікання масла, пального, охолоджувальної рідини. Після холодного обкатування двигун оглядають, усувають виявлені дефекти, підтягують кріплення, видаляють повітря з паливної системи, перевіряють кут подачі пального в циліндри. Потім проводять гаряче обкатування двигуна без навантаження. При цьому стежать за температурою води і нагріванням масла в картері, з'ясовують причини шуму, стуків. Закінчивши гаряче обкатування двигуна без навантаження, підтягують гайки, регулюють теплові зазори клапанів. Після цього приступають до гарячого обкатування під навантаженням.

Режими обкатування двигуна заносять до паспорта двигуна, який пройшов капітальний ремонт.

У табл. 14.1, як приклад, наведено технологічні режими обкатування бензинового двигуна легкового автомобіля.

Таблиця 14.1

Режими випробовування бензинового двигуна легкового автомобіля

Стадія	Частота обертання вала, хв ⁻¹	Навантаження, кВт	Час припрацювання, хв
Холодне припрацювання	500–700	-	15
	850–900	-	15
Гаряче припрацювання без навантаження	1200–1500	-	20
Гаряче припрацювання під навантаженням	1500–1800	7,3–11,0	25
	1800–2000	11,0–14,7	20
Контрольне приймання	Не більше 3000	-	5
Разом			100

Після обкатування проводять випробування. При цьому визначають потужність двигуна, годинну і питому витрати пального.

Ефективна потужність двигуна, кВт:

$$N_e = (P_e \cdot n) / 0,736 / (1000 \cdot \eta), \quad (14.1)$$

де n – частота обертання колінчастого вала, хв⁻¹; P_e – показ вагового механізму, Н; l – довжина важеля; η – ККД стенда, 0,98.

Годинна витрата пального, кг/год:

$$Q_g = (3,6 \text{ g}) / t, \quad (14.2)$$

де g – маса пального, витраченого за час випробувань, г; t_e – час випробувань, с.

Питома витрата пального, г/(кВт · год):

$$g_e = (1000 Q_g) / N_e. \quad (14.3)$$

Під час випробування потужність двигуна повинна бути на 20–30 відсотків меншою від номінальної, а після випробування обмеження потужності зберігають на весь період експлуатаційної обкатування (50–60 год).

Після випробування проводять контрольний огляд двигуна. Його встановлюють на стенд, знімають піддон картера, кришки корінних та шатунних підшипників, кришки фільтрів грубого та тонкого очищення масла та оглядають робочі поверхні гільз циліндрів і вкладишів. Виявлені несправності усувають, фільтрувальні елементи промивають у дизельному пальному, кришку нижнього картера, сітку маслоприймача тощо. Потім двигун складають і балансують.

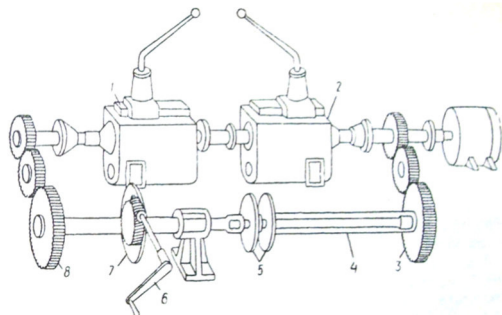
Незрівноваженість двигуна виникає внаслідок порушення співвісності зчеплення і колінчастого вала (при знеособленні цих деталей), великої різниці в масі шатунно-поршневої групи, порушення теплового балансу. Динамічна незрівноваженість підвищує вібрації двигуна.

Балансування двигунів звичайно суміщають із стендовими випробуваннями. Перед балансуванням двигун прогрівають до робочої температури, доводять тиск масла до робочого, поступово збільшують частоту обертання колінчастого вала до максимальної. За шкалою фазометра стенда визначають отвір на диску зчеплення, в який необхідно вкрутити балансувальний тягарець. Встановивши його, повторно вимірюють амплітуду коливань і, якщо вона перевищує вказане у технічних умовах на ремонт, двигун передають на повне розбирання.

14.3. Випробування агрегатів силової передачі

Для випробування КПП під навантаженням застосовують стенди з асинхронним двигуном, стенди з навантаженням внутрішніми силами (за замкнутим контуром) і з гідравлічним гальмом.

Потужність електродвигуна у стендах із замкнутим силовим контуром (рис. 14.1) використовується тільки на подолання сил тертя – в зубчастому зачепленні та підшипниках. Тому потужність електродвигуна може бути менша, ніж на стенді з розімкнутим контуром. Навантажують КПП використанням внутрішніх сил системи і в цьому випадку відбувається циркуляція потужності. На стендах відсутні громіздкі гальмівні пристрої. Недолік – складність виготовлення.



*Рис. 14.1. Стенд для випробування КПП із замкнутим контуром:
 1 – випробовувана КПП; 2 – стендова КПП; 3 – правий редуктор;
 4 – торсіон; 5 – показчик величини закручування торсіона;
 6 – рукоятка; 7 – навантажувальний пристрій; 8 – лівий редуктор*

Навантажувальний крутний момент створюється в результаті закручування на певний кут торсіонного вала, розташованого між фланцями редукторів. Торсіон намагається розкрутитися за рахунок дії пружних сил, створюючи тим самим пару сил протилежного напрямку. Під час випробування КПП інші сили, що виникають всередині замкнутого контура, створюють момент, під дією якого перебувають шестерні КПП.

При випробуванні задніх мостів виявляють дефекти і шуми високого тону. Для цього застосовують гальмівні стенди з приводами від асинхронних електродвигунів.

Задні мости можна припрацьовувати і випробовувати

на стендах з навантаженням внутрішніми силами – за замкнутим контуром.

14.5. Загальне складання і випробування

Загальне складання автомобіля виконують на основі технологічної карти складання - після складання і випробування основних агрегатів: двигуна, ведучого моста, КПП тощо. Складати автомобіль розпочинають зі встановлення частково складеного базового вузла (рами, наприклад) на підставки чи рухомі візки. Далі на рамі встановлюють і закріплюють усі агрегати та вузли.

Автомобілі складають на універсальних постах або конвеєрі. На універсальних постах складання виконує одна бригада на одному посту, що характерно індивідуальному, іноді - малосерійному ремонтному виробництву. Оскільки робота тривала і виконують її висококваліфіковані робітники, то і вартість ремонту висока.

Потоковий метод складання автомобілів, коли весь процес розчленовано на окремі операції, які виконують на різних постах лінії, є досконалішою формою складання. При цьому здійснюються диференціація робочих процесів і спеціалізація робочих місць та робітників, тому трудомісткість і собівартість складальних робіт значно нижчі.

Для вузлового складання базових деталей, наприклад блоків циліндрів, широко застосовують рольганги чи кантувачі. Щоб передати частково складені вузли на загальну лінію складання або з одного поста на інший, застосовують маніпулятори або візки.

Велике значення для якісного складання має чистота деталей. Тому всі деталі, що надходять на складання, мають пройти миття, а безпосередньо перед складанням їх необхідно обдувати стиснутим повітрям, старанно протирати і змашувати спряжувані поверхні.

Виконуючи складальні роботи, потрібно неухильно дотримуватися технічних умов – для забезпечення зазорів або натягів у спряженнях, правил затягування різьбових з'єднань, складання і регулювання підшипникових вузлів, збалансованості обертових деталей тощо.

Після складання автомобіля регулюють гальма, органи керування, зачеплення шестерень, натяг пасів, ланцюгів, перевіряють надійність кріплення вузлів та агрегатів.

Автомобіль повністю змащують, керуючись при цьому картою мащення, на яких зазначені усі точки змащування і марки мастил для кожної точки. Використання невідповідних мастил може в одному випадку спричинити витікання масла, а в іншому – мастило через надто високу в'язкість не досягне третьових поверхонь деталей.

Масла треба оберегати від засмічення пилом, брудом, водою – масло зберігати в щільно закритій місткості, а консистентне мастило – в металевій коробці з добре підігнаною кришкою.

Перед заправлінням змащувальні точки (маслянки, заправні горловини картерів тощо) попередньо протирають обтиральним матеріалом, перевіряють наявність підтікання у з'єднаннях маслопроводів.

Якість складання ремонтованої машини перевіряють протягом усього процесу складання, постійно його контролюючи.

Відремонтовані автомобілі обкатують, але перед тим необхідно перевірити їх комплектність, якість кріплення вузлів і агрегатів, безвідмовність роботи рульового керування, гальмівної системи, сигнальних приладів тощо. Режими обкатки різних автомобілів встановлені у технічних умовах, але, зазвичай, автомобіль випробовують пробігом на віддаль до 40 км з вантажем, що не перевищує 75% його

вантажності, і з швидкістю не більше 40 км/год. Під час випробування перевіряють справність і плавність ходу, надійність гальм, системи керування.

14.6. Шляхи підвищення ефективності складальних процесів

Одним з найважливіших напрямів зниження трудомісткості складання є забезпечення високого рівня технологічності конструкцій, яке слід розглядати як комплексну проблему у взаємозв'язку з урахуванням умов виконання всіх етапів ремонту – заготівельних процесів, обробки, складання і контролю. Відпрацьована на технологічність конструкція заготовки не повинна ускладнювати подальшу механічну обробку. Разом з тим обробку на технологічність треба здійснювати з урахуванням виконання заготівельних процесів і складання для забезпечення найменшої трудомісткості і собівартості виготовлення виробів у цілому.

Удосконалення технології складальних процесів спрямоване і на скорочення доводжувальних робіт. В ряді випадків такі роботи виключаються в результаті застосування точних методів фінішної механічної обробки замість шабрування, спряженого шліфування контурів з'єднаних деталей тощо.

Виключення доводжувальних робіт у вузловому і загальному складанні дає можливість ширше застосовувати принцип взаємозамінності, що значно скорочує трудомісткість складальних робіт. Але у зв'язку із складністю багатоланкових розмірних ланцюгів і малими допусками на замикальну ланку, допуски на складові ланки при складанні методом повної взаємозамінності настільки малі, що вести за ними обробку нерентабельно. У цьому випадку доцільно ввести в розмірний ланцюг жорсткий або регульований компенсатор і вести складання без

доводжування і точної обробки спряжуваних деталей.

Трудомісткість доводжування можна зменшити застосуванням таких засобів механізації, зокрема:

- ручні, електричні та пневматичні абразивні машини
- для заміни ручного обпилювання відкритих поверхонь великих розмірів;

- установки з гнучким валом – для видалення металу абразивними кругами чи кінцевими фрезами у незручних місцях;

- пристрої для переміщення важких деталей.

Обсяг доводжувальних робіт звичайно становить 10–15%. Це свердління отворів і нарізування різьб під стопорні гвинти, свердління мастильних отворів, прорубування канавок на поверхнях ковзання тощо.

При проектуванні складальних процесів необхідно передбачати:

- забезпечення високої якості автомобіля, що гарантує надійність і довговічність її експлуатації;

- мінімальну трудомісткість слюсарно-складальних робіт;

- застосування раціональної механізації та автоматизації.

У ремонтному виробництві не завжди доцільна повна автоматизація складальних процесів – не тільки з економічних причин або технічної неможливості автоматизувати окремі операції (наприклад, контрольні, налагоджувальні, регульовальні), а й необхідністю оперативного втручання в аварійних ситуаціях (коли автомат з якоїсь причини не здатний виконати завдання), а також у процесі освоєння складання нового виробу.

Вибираючи форми складального процесу, треба враховувати режим роботи у виробничому процесі, розташування робочих місць під час монтажу, технічний рівень складального процесу (складання ручне, механізоване чи автоматизоване), наявність допоміжних процесів (транспортування, складування тощо).

Лекція 15. ФАРБУВАННЯ МАШИН

15.1. Лакофарбові матеріали

У авторемонтному виробництві застосовують різні лакофарбові матеріали (ЛФМ):

- *лаки* – розчини плівкотвірних речовин у летких органічних розчинниках з добавкою компонентів, які поліпшують адгезію, світлостійкість та інші властивості. Призначення лаків – утворення покриття для подовження строку служби виробу і надання йому блиску;

- *грунтовки* – пігментовані розчини плівкотвірних речовин в органічних розчинниках, які застосовують як перший шар покриття, що гарантує міцне зчеплення з поверхнею металу і подальшими шарами лакофарбових покриттів. Використовують ізолювальні, пасивувальні, фосфатувальні, протекторні та інші грунтовки;

- *шпаклівки* – пасти, що складаються з плівкотвірної речовини, наповнювачів і пігментів. Призначені для усунення нерівностей і виправлення дефектів (раковин, подряпин тощо);

- *емалі* – пігментовані лаки, які наносять поверх грунтовки для захисту виробів від корозії і надання їм декоративного вигляду;

- *фарби* – пасти з пігментів (суміші пігментів) і наповнювачів, замішаних на *оліфі* – спеціальній олії.

Усі ЛФМ [11] складаються з кількох компонентів, узятих у певних відношеннях, передбачених рецептурою. До складу ЛМФ входять плівкотвірні речовини, пігменти, розчинники та розріджувачі. Для підвищення еластичності та стійкості до складу лаків вводять пластифікатори – ефіри фосфорної кислоти, рицинову олію тощо. Спиртові лаки виготовляють розчиненням смол у спирті.

Пігменти (барвники) надають лакам і фарбам задане забарвлення і поліпшують їх адгезійні властивості. Це цинкові білила, охра, сурик, ультрамарин, сажа тощо.

Розчинники і розріджувачі служать для надання матеріалу необхідної консистенції, поліпшення адгезії і здатності швидко висихати. Розріджувачі включають органічні розчинники – сольвент, уайт-спірит, ксилол, ацетон, ефір.

Усі ЛФМ поділяють на групи – залежно від основних плівкотвірних компонентів, що входять у склад (табл. 15.1). У групах ЛФМ класифікують за ознакою переважного призначення (табл. 15.2).

Таблиця 15.1

Класифікація лакофарбових матеріалів (вибірково)

Алкідно-акрилові	АС	Олійні	МА
Алкідно-уретанові	АУ	Полівінілхлоридні	ХВ
Ацетилцелюлози	АЦ	Поліакрилові	АК
Ацетобутилатцелюлозні	АБ	Поліамідні	АД
Бітумні	БТ	Полівінілацетальні	ВЛ
Гліфталеві	ГФ	Полівінілацетатні	ВА
Дивінілацетиленові	ВН	Поліефірні насичені	ПЛ
Епоксидні	ЭП	Поліуретанові	ПУ
Етилцелюлозні	ЭЦ	Сечовинні	МЧ
Каніфольні	КФ	Фенолалкідні	ФД
Каучукові	КЧ	Фенольні	ФЛ
Копалові	КП	Фторопластові	ФП
Кремнійорганічні	КО	Хлоровані поліетиленові	ХП
Меламінні	МЛ	Циклогексанові	ЦГ
Нітроцелюлозні	НЦ	Янтарні	ЯН

ЛФМ випускають під певними назвами (емаль, лак тощо), після яких вказують відповідні літери та цифри, а словами зазначають колір. Наприклад:

- ґрунтовка ГФ-031: ГФ – гліфталева, 0 – група переважного призначення (ґрунтовки), 31 – реєстраційний номер;

- емаль ХВ-16: ХВ – перхлорвінілова, 1 – група переважного призначення (атмосферостійка), 6 – реєстраційний номер;

Таблиця 15.2

Групи лакофарбових матеріалів

Група лакофарбових матеріалів	Позначення
Атмосферостійкі	1
Для роботи всередині приміщень	2
Водостійкі	4
Спеціальні (з специфічними властивостями)	5
Маслобензостійкі	6
Хімічно стійкі	7
Термічні	8
Електроізоляційні	9
Ґрунтовки	0
Шпаклівки	00

Для ЛФМ, які не мають у своєму складі органічних розчинників (водорозріджувані, водоемульсійні, порошкові), після назви матеріалу вказують літерний індекс: П – фарба порошкова; В – фарба водорозріджувана; Э – фарба водоемульсійна; Б – лак, який не містить активного розчинника. Наприклад, фарба Э-ВА-524: Э – емаль, ВА – полівінілацетатна, 5 – група переважного призначення (спеціальна), 24 – реєстраційний номер.

15.2. Підготовка поверхні до фарбування

Підготовка поверхні до фарбування включає видалення старої фарби і слідів корозії, очищення поверхні та її знежирення. Для цього застосовують механічні, хімічні, ультразвуковий та інші методи, вибір яких залежить від характеру забруднень, розмірів та конфігурації виробів, наявності зварних швів та інших факторів [3].

Механічні методи гарантують високу якість очищення і задану шорсткість поверхні, що сприяє адгезії

лакофарбових покриттів з металом. До них відносять очищення ручним і механізованим інструментом, піскоструминний та гідроабразивний методи. Для видалення тонких шарів іржі та окалини застосовують ручні механізовані інструменти: щітки, шарошки, шліфувальні машинки.

У корпусі шарошки змонтовано вали з стальними зірочками, що мають 12–14 гострих зубів. Зірочки встановлені на вали з зазором, тому вони сильно вдаряють по поверхні і здійснюють ударно-зіскоблювальну дію на покриття.

В гідроабразивних апаратах використовують потік суміші води з абразивом (кварцовий пісок, карбід бору, карбід кремнію грануляцією 0,5–0,8 мм), який під великим тиском спрямовують на очищувану поверхню. Недоліком методу є схильність поверхні до корозії. Тому до води додають інгібітори корозії: нітрит натрію (0,3–1,0%), тринатрійфосфат (0,5–2,0%) або хромпик (0,5%), які пасивують поверхню і запобігають корозії протягом кількох годин.

Стару фарбу видаляють також зануренням деталі на 1–1,5 год у розчин каустичної соди при температурі 70–90 С°, після чого деталь пасивують.

Іржу видаляють хімічним травленням в 20–30%-ному розчині сірчаної чи соляної кислоти протягом 10–30 хвилин, після чого рештки кислоти нейтралізують содовим розчином чи розчином *NaOH*.

Шар шпаклівки не повинен перевищувати 0,5 мм. При суцільному шпаклюванні пасту наносять розпилювачем, а при місцевому – гумовими шпателями. Після шпаклювання поверхню шліфують наждачною шкіркою.

15.3. Нанесення лакофарбових матеріалів

Основними методами нанесення ЛФМ є

пневматичний метод, фарбування за допомогою аерозольних балонів, безповітряне розпилення, метод занурення, струминне обливання і фарбування в електричному полі високої напруги [3].

Пневматичним (повітряним) методом наносять до 70 відсотків ЛФМ, які виробляють. Розпилення здійснюють розпилювальними пристроями – пульверизаторами. Для поліпшення санітарно-гігієнічних умов роботи та підвищення продуктивності праці застосовують *автоматичне пневморозпилювання*, при якому нанесення лакофарбових матеріалів здійснюють при різних комбінаціях рухів фарборозпилювача та виробу. Наприклад, вироби конвеєром переміщують в зону фарбування, в якій встановлено розпилювачі, які рухаються зворотно-поступально впоперек конвеєра.

Підфарбовування за допомогою аерозольних балонів застосовують при незначних ремонтних роботах. ЛФМ у балоні перебуває під тиском зрідженого чи стиснутого газу, який створює, наприклад, суміш зріджених фтороорганічних вуглеводів, низькокиплячих хлорованих вуглеводів (метиленхлорид, вінілхлорид тощо).

Безповітряне розпилення ґрунтується на подачі ЛФМ до сопла фарборозпилювача насосом під високим тиском і швидкістю, при якій потік подрібнюється на дрібні частинки. Метод має переваги порівняно з пневматичним розпилюванням: зниження на 10–15 відсотків втрат матеріалу на туманоутворення; зменшення витрат розчинників на розведення матеріалів у зв'язку з розпиленням більш в'язких матеріалів; скорочення часу фарбування внаслідок нанесення меншого числа шарів. Цим методом наносять ЛФМ (при температурі 18–23° С) і створюють покриття до 25–30 мкм за одну операцію.

Метод *занурення* застосовують для нанесення ґрунтовок і фарб, до остаточної обробки яких не ставлять

високих вимог. Вироби повністю занурюють у ванну з ЛФМ, потім виймають і витримують, щоб стекла зайва фарба. Так наносять лаки та фарби, які повільно висихають (алкідні, феноло-олійні тощо).

Метод *струминного обливання* з витримуванням у парі розчинників поліпшує гігієнічні умови праці та підвищує продуктивність. Його використовують для нанесення ґрунтовок і фарб, до покриттів яких не ставлять високих вимог. Сутність методу полягає у переміщенні виробів підвісним конвеєром крізь секції установки, яка складається з вхідного та вихідного тамбурів, зони обливання і парового тунелю. Коли вироби проходять через зону обливання, їх із сопел обливають ЛФМ. Надмір матеріалу стікає у ванну для повторного використання. Для запобігання виходу пари розчинників у цех установка має повітряні затвори. Оскільки розчинники з фарбованих виробів випаровуються повільно, то на поверхні утворюється якісне рівномірне покриття. Температура ЛФМ під час обливання – 18–25° С, витримка – 8–15 хв.

Фарбування в електричному полі високої напруги використовує ефект того, що між двома електродами, які перебувають під напругою і розташовані на деякій відстані один від одного, створюється електричне поле. Одним з електродів є виріб, який фарбують – це позитивний заземлений електрод, а другим – коронуючий електрод (негативний). У створене електричне поле високої напруги вводять розпилений ЛФМ, частинки якого, заряджаючись від іонізованого повітря чи кромки електрода, рухаються по силових лініях електричного поля і осаджуються на заземленому виробі. Таким чином, на поверхні виробу утворюється рівномірне покриття. В електричному полі добре розпилюються тільки ті матеріали, які мають певні електричні властивості. Оптимальні напруга – 60–140 кВ, відстань від розпилувача до виробу – 250–300 мм.

15.4. Сушіння лакофарбових покриттів

Нанесені ЛФМ сушать при нормальній чи підвищеній температурі. Режими сушіння (температура, час) мають великий вплив на якість покриття, особливо на ті види (алкідні, епоксидні, поліуретанові тощо), які утворюються в результаті видалення розчинників і складних хімічних процесів (поліконденсація, полімеризація, окислення). З підвищенням температури ці процеси проходять значно швидше і повніше, що сприяє збільшенню адгезії, твердості, міцності, зменшенню водовбирання і поліпшенню інших властивостей покриття. Деякі види покриттів набувають заданих властивостей тільки після сушіння при підвищеній температурі. Це пояснюється тим, що при нормальній температурі хімічні процеси, які ведуть до утворення покриттів на основі названих плівкотвірних речовин, не відбуваються або відбуваються частково.

Для покриттів, які швидко висихають, часто застосовують природне сушіння. Як і для деяких необоротних покриттів (алкідних, поліуретанових, епоксидних), особливо тоді, коли покриття наносять на великі вироби, що не вміщуються в сушильні камери, чи на вироби, які не можна сушити при підвищених температурах (гумові та пластмасові деталі). Процес сушіння значно прискорюється при безперервній циркуляції повітря, яке виносить пари розчинника. При відсутності циркуляції повітря насичується парою розчинників, тому процес сушіння уповільнюється;

У ремонтному виробництві широко застосовують штучне сушіння поверхонь, різновидами якого, залежно від способу передачі теплоти, є: терморадіаційне (інфрачервоним опроміненням), конвективне (гарячим повітрям), індукційними струмами високої і промислової частоти, ультрафіолетовим опроміненням.

Конвективне сушіння не забезпечує високої міцності

покриття, якому характерна значна пористість.

Під час *терморадіаційного сушіння* інфрачервоне проміння від потужних ламп розжарювання проникає крізь покриття, нагріває метал і забезпечує висихання фарби зсередини. Оскільки верхні шари висихають під дією природних процесів, покриття твердне по всій глибині рівномірно, має високі щільність і міцність.

Індукційне сушіння ґрунтується на перетворенні електричної енергії в теплову за допомогою індукторів. При проходженні змінного струму витками індуктора створюється потужне пульсуюче магнітне поле. Якщо в це поле вмістити металевий виріб, то за рахунок індукованих у ньому вихрових струмів він швидко нагрівається до потрібної температури. Швидко нагрівається і покриття – внаслідок передачі тепла від нагрітого предмета до фарби, що створює сприятливі умови для її висихання. Індукційні сушильні пристрої використовують струми високої (до 300 кГц) і промислової частоти (50 Гц) з напругою 220–380 В.

Для штучного сушіння виробів ремонтного виробництва використовують тупикові та конвеєрні сушильні камери конвективного, терморадіаційного і терморадіаційно-конвективного типів.

На підприємствах одиничного і малосерійного виробництва застосовують *тупикові сушильні камери*. У них вироби вкладають у ящики, підвісні чи рухомі платформи. У процесі сушіння вироби нерухомі.

У *конвеєрні сушильні камери* вироби завантажують безперервно і в процесі сушіння їх постійно чи періодично переміщують.

Після сушіння лакофарбові покриття шліфують абразивом, обдувають стиснутим повітрям, промивають водою, протирають розчинником, сушать і полірують абразивною пастою.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Пікула М. В. Технологічні основи машинобудування. Рівне, 2008. 190 с.
2. Конспект лекцій з курсу «Основи технології виробництва і ремонту автомобілів». Рівне : НУВГП, 2019. 102 с.
3. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів : у 3 кн. : підручник / Канарчук В. Є. і ін. ; Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигиринець А. Д. *Ремонт автотранспортних засобів*. К. : Вища школа, 1994. Кн. 3. 599 с.
4. Чабанний В. Я. Ремонт автомобілів : навч. посіб. Кіровоград : Кіровоградська районна друкарня, 2007. 720 с.
5. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів : підручник. К. : Знання-Прес, 2003. 511 с.
6. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навч. посіб. / І. Б. Гевко, Р. М. Рогатинський, О. Л. Ляшук, В. З. Гудь та ін. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
7. Захарчук В. І., Захарчук О. В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : електронний навч. посіб. Луцький НТУ, 2018. URL: <http://lib.lntu.info/>. (дата звернення: 01.09.2023).
8. Токаренко В. М. Технологія автодорожнього машинобудування і ремонт машин. Курсове проектування : навч. посіб. К. : Вища шк., 1992. 127 с.
9. Божидарнік В. В., Гусев А. П. Основи технології виробництва і ремонту автомобілів : навч. посіб. Луцьк : Надстир'я, 2007. 320 с.
10. Богатчук І. М., Прунько І. Б. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : практикум. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2012. 64 с.
11. Лакофарбові матеріали : термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ; за заг. ред. Р. А. Шмига. Львів, 2010. 116 с.
12. Про автомобільний транспорт : Закон України від 05.04.2001 р.
13. Положення про технічне обслуговування та ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту : затв. наказом Міністерства транспорту України від 30.03.98 р. № 102.

Навчально-методичне видання

Пікула Микола Веніамінович

**ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА
ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ
Конспект лекцій**

Навчально-методичний посібник

Друкується в авторській редакції

*Видавець і виготовлювач
Національний університет водного
господарства та природокористування,
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників і
розповсюджувачів видавничої продукції РВ № 31 від 26.04.2005 р.*