



Національний університет

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

**І.О. Хітров**  
**В.С. Гавриш**

# **РЕМОНТ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ**

*Навчальний посібник*

**Рівне 2012**



Національний університет

УДК 631.3.004.67+629.113(075.8)

ББК 30.83я7

X52

*Затверджено вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування.  
(Протокол № 10 від 28.10.2011 р.)*

### **Рецензенти:**

**Романюк В.І.**, кандидат технічних наук, доцент кафедри експлуатації і ремонту машин Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне;

**Мобіло Л.В.**, кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних машин і обладнання Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне.

**Хітров І.О., Гавриш В.С.**

**X52** Ремонт машин і обладнання: Навч. посібник. – Рівне: НУВГП, 2012. – 184 с.

Викладено основи ремонтного виробництва та загальні положення організації ремонту машин і обладнання. Розглянуто характерні несправності деталей машин і обладнання та методи їх виявлення. Описано основні способи відновлення спрацьованих деталей. Розкрито особливості технічного нормування ремонтних робіт. Дано основи проектування ремонтних підприємств. Висвітлено загальні положення охорони праці на ремонтних підприємствах.

Навчальний посібник призначений для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр за напрямом підготовки „Машинобудування”.

**УДК 631.3.004.67+629.113(075.8)**

**ББК 30.83я7**

© Хітров І.О., Гавриш В.С., 2012

© Національного університету водного господарства та природокористування, 2012



## ЗМІСТ

Вступ .....	6
Розділ 1. Загальні положення ремонту машин .....	7
1.1. Система технічного обслуговування і ремонту машин ...	7
1.2. Структура ремонтної бази .....	10
1.3. Розміри виробництв з відновлення деталей машин .....	11
1.4. Методи ремонту машин в ремонтному підприємстві .....	13
Розділ 2. Несправності машин і обладнання .....	17
2.1. Точність виготовлення, ремонту і взаємозамінність де- талей машин та обладнання .....	17
2.2. Причини виникнення несправностей .....	18
2.3. Характерні несправності деталей машин .....	19
2.4. Граничні стани деталей, спряжень, складальних оди- ниць і механізмів машин .....	23
2.5. Ремонтні розміри деталей машин .....	27
Розділ 3. Дефектування деталей .....	29
3.1. Дефекти деталей машин .....	29
3.2. Визначення коефіцієнтів відновлення, придатності і ви- бракування деталей .....	33
3.3. Методи контролю геометричних параметрів деталей .....	34
3.4. Методи виявлення прихованих дефектів деталей .....	38
3.5. Вибір методів дефектоскопії .....	45
Розділ 4. Виробничий процес ремонту машин і технологічного обладнання .....	48
4.1. Загальні положення виробничого і технологічного про- цесу ремонту .....	48
4.2. Підготовка машин до ремонту, доставка на ремонтне підприємство і приймання в ремонт .....	50
4.3. Миття та очищення машин, їх агрегатів і деталей .....	50
4.4. Розбирання машин, агрегатів і вузлів .....	52
4.5. Контроль (дефектування), сортування деталей і спря- жень .....	55
4.6. Ремонт, відновлення деталей і спряжень на підприємст- ві .....	58
4.7. Комплектування, балансування, складання, обкатуван- ня, випробовування машин і обладнання .....	62
4.8. Фарбування машин і обладнання .....	69



Розділ 5. Планування ремонтних підприємств .....	72
5.1. Склад ремонтного підприємства та його компонування .....	72
5.2. Планування завантаження ремонтних підприємств .....	73
5.3. Такт, темп виробництва, фронт ремонту і пропускна здатність ремонтного підприємства .....	76
5.4. Розрахунок штату ремонтного підприємства .....	77
5.5. Розрахунок і підбір обладнання ремонтного підприємства .....	78
5.6. Розрахунок виробничих площ ремонтного підприємства .....	80
5.7. Розрахунок потреб в стиснутому повітрі, воді та пару ...	83
Розділ 6. Основні способи відновлення деталей машин та об- ладнання .....	86
6.1. Класифікація способів відновлення деталей .....	86
6.2. Слюсарно-механічні способи відновлення деталей .....	88
6.3. Ремонт деталей зварюванням і наплавленням .....	91
6.3.1. Ручне зварювання і наплавлення .....	91
6.3.2. Газове зварювання .....	93
6.3.3. Механізоване зварювання і наплавлення .....	97
6.4. Газотермічне наплення .....	104
6.5. Відновлення деталей гальванічними покриттями .....	111
6.6. Відновлення деталей пластичним деформуванням .....	120
6.7. Зміцнення деталей поверхневим пластичним деформу- ванням .....	126
6.8. Відновлення деталей полімерними матеріалами .....	130
6.9. Зміцнення поверхонь деталей термічною і хіміко- термічною обробкою .....	135
6.10. Визначення собівартості відновлення деталей .....	137
6.11. Річний економічний ефект від відновлення деталей ....	139
Розділ 7. Технічне нормування ремонтних робіт .....	141
7.1. Завдання і методи технічного нормування .....	141
7.2. Класифікація затрат робочого часу .....	143
7.3. Структура норми часу .....	144
7.4. Нормування робіт на металорізальних верстатах .....	147
7.5. Нормування зварювальних робіт .....	149
7.6. Нормування слюсарних робіт .....	152
Розділ 8. Основні вимоги до охорони праці на ремонтних під- приємствах .....	153



Національний університет

водного господарства  
та природокористування

8.1. Загальні положення охорони праці на ремонтних підприємствах .....	153
8.2. Основні вимоги техніки безпеки при ремонтних роботах .....	156
8.3. Освітлення виробничого корпусу .....	163
8.4. Вентиляція виробничого корпусу .....	165
8.5. Опалення виробничого корпусу .....	166
Контрольно-тестова програма .....	168
Термінологічний словник .....	174
Література .....	180
Предметний покажчик .....	181



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування



## ВСТУП

Основою забезпечення високопродуктивної роботи машин і обладнання, тривалої експлуатації є своєчасне проведення комплексу заходів, направлених на підтримання їх технічного стану. Проте, через певний час технічний стан машин і обладнання неминуче досягне граничного, в результаті якого експлуатація стане неможливою або економічно недоцільною.

Відновлення працездатності машин або окремих агрегатів, вузлів і деталей досягається їх ремонтом на відповідних ремонтних підприємствах.

Сучасне ремонтне виробництво на відміну від машинобудування характеризується специфічними особливостями: вихідним об'єктом є складові частини машин, які зазнали змін у період експлуатації; наявністю розбирально-мийних і контрольних операцій; застосуванням в процесі складання різних групи деталей; наявністю різних технологічних маршрутів ремонту деталей одного найменування.

Для відновлення деталей застосовуються різні способи, на вибір яких впливає матеріал деталі, її спрацювання, характер навантаження, собівартість відновлення та ін.

Основною метою навчального посібника „Ремонт машин і обладнання” є формування і поглиблення знань студентів з основ ремонтного виробництва; організації виробничого процесу ремонту машин і обладнання; технології ремонту агрегатів, вузлів і деталей; проектуванні технологічних процесів виготовлення або відновлення деталей машин і обладнання; технічному нормуванні ремонтних робіт; проектуванні нових і реконструкції діючих основних виробничих дільниць ремонтних організацій; організації контролю за процесами ремонту, які необхідні для розвитку професійно значимих якостей особистості майбутніх фахівців.

Навчальний посібник написано відповідно до програми навчальної дисципліни для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр за напрямом підготовки „Машинобудування”. Матеріали посібника можуть використовуватися інженерно-технічними працівниками, які займаються технологічними процесами ремонту машин і обладнання.

Розділи 2, 3 і підрозділи 1.1, 1.2, 4.8, 8.1, 8.2 написані В.С. Гавришем, всі інші – І.О. Хітровим.



### **1.1. Система технічного обслуговування і ремонту машин**

Продуктивна і ефективна експлуатація машин можлива тільки при відповідному їх систематичному обслуговуванню, яке зводиться до виконання визначених правил технічного догляду, ремонтних робіт і регулювань. Операції технічного догляду разом з ремонтними роботами складають систему технічного обслуговування і ремонту.

У нашій країні розроблена і застосовується планово-запобіжна система технічного обслуговування і ремонту машин. Суть цієї системи полягає у необхідності виконання певних операцій технічного діагностування, обслуговування (за необхідності і ремонту) для машин, які відпрацювали встановлений термін. Проведення технічних доглядів суворо обов'язкове як за періодичністю, так і за обсягом виконуваних при цьому операцій. Ремонт планують відповідно до обсягу намічених робіт, а здійснюють за потребою, залежно від технічного стану машини.

Для більшості машин планово-запобіжною системою технічного обслуговування і ремонту передбачено: щоденний технічний догляд, три види періодичних технічних обслуговувань (ТО-1 і ТО-2, ТО-3), поточний і капітальний ремонт.

Правила технічного догляду розробляють на машинобудівних заводах з участю конструкторів і спеціалістів, які випробовують машини, а потім уточнюють на основі даних про спрацювання деталей і досвіду експлуатації машин.

Якщо при технічному обслуговуванні регулюваннями неможливо досягти задовільної роботи машини, її направляють в ремонт.

Зміст і періодичність ремонту розробляють спеціалісти ремонтної справи, які враховують конструктивні особливості машин, їх інтенсивність використання, характер спрацювання деталей і спряжень, терміни відновлення, регулювання.

Машини направляють в ремонт за наступними ознаками їх несправної роботи:

- шум і стук в механізмах;
- перегрів агрегатів;
- збільшення витрат палива і масла;



- зниження тягових і швидкісних характеристик;
  - підсмоктування повітря, попадання пилу, бруду або води в закриті механізми;
  - порушення кріплень і спряжень деталей і вузлів;
  - виглибленні робочих органів;
  - пропусках у виконанні технологічних операцій.
- Залежно від обсягу виконання робіт ремонт машин поділяють на:
- експлуатаційний;
  - поточний;
  - капітальний.

Експлуатаційний ремонт часто називають позаплановим, бо він пов'язаний з усуненням відмов та несправностей, які можуть мати місце практично як при всіх видах технічного обслуговування, так і в проміжках між ними.

Як правило, плановий ремонт (поточний і капітальний) виконують після виконання машиною встановленого міжремонтного терміну напрацювання.

Поточний ремонт – це комплекс робіт з відновлення роботоздатності машин в процесі їх експлуатації.

Під час поточного ремонту частково розбирають машину, оскільки виникає необхідність ремонту (заміни) окремих зношених або пошкоджених деталей з наступним їх складанням, регулюванням, випробовуванням і обкатуванням.

Умовно поточним ремонтом можна рахувати такий ремонт машини, при якому хоча б один основний агрегат повністю розбирають і ремонтують, як при капітальному ремонті.

Капітальний ремонт виконують після того, як основні агрегати відпрацювали свій ресурс, внаслідок чого подальше використання машини без ремонту недоцільне.

Капітальний ремонт – це комплекс робіт, який виконують з метою повного відновлення технічного стану і роботоздатності машини, всіх агрегатів, вузлів та деталей, включаючи їх припрацювання.

Під час капітального ремонту машини виконуються наступні види робіт:

- очищення і миття машини;
- зняття з машини агрегатів;
- розбирання агрегатів на вузли і деталі (деякі вузли для збереження нормальної роботи не розбирають);





- миття, дефектування і сортування деталей відповідно до технічних умов;
- заміна непридатних деталей, вузлів і агрегатів новими або відремонтowanymi;
- ремонт деталей і підгонка спряжень;
- складання і регулювання вузлів і агрегатів, їх обкатування і випробування;
- складання, регулювання, обкатування і фарбування машини.

Капітальний ремонт агрегату передбачає відновлення його стану шляхом розбирання і заміни або ремонту спрацьованих деталей, включаючи ремонт базисної деталі. Агрегат направляють в капітальний ремонт за наявності хоча б однієї з перерахованих умов:

- 1) базова деталь потребує заміни (блок циліндрів, картер коробки передач, балка передньої осі, труба карданного вала та ін.);
- 2) порушення нормальної роботи внаслідок появи стуків, шумів, збільшення люфтів і зазорів, які не можна усунути регулюванням;
- 3) загальний технічний стан агрегату погіршився в зв'язку із значним спрацюванням основних деталей, які не можуть бути відновлені поточним ремонтом.

Ресурс машин у міжремонтному періоді (після першого капітального ремонту) повинен становити не менше 80 % від рівня нових. Допускаються відхилення в термінах проведення капітальних ремонтів, як в сторону збільшення, так і зменшення за результатами технічної діагностики.

За результатами огляду технічного стану парку машин можна визначити його коефіцієнт технічної готовності ( $K_{m2}$ ) за формулою

$$K_{m2} = \frac{N_c}{N_3} = 1 - \frac{N_p + N_{np} + N_{cn}}{N_3}, \quad (1.1)$$

де  $N_3$  – загальна кількість машин на балансі господарства;

$N_c$  – кількість справних машин;

$N_p$  – кількість машин, які перебувають в ремонті;

$N_{np}$  – кількість машин, які потребують ремонту;

$N_{cn}$  – кількість машин, які підлягають списанню.



## 1.2. Структура ремонтної бази

Для проведення ремонту машин створюється ремонтна мережа з різних ремонтних підприємств (рис. 1.1).

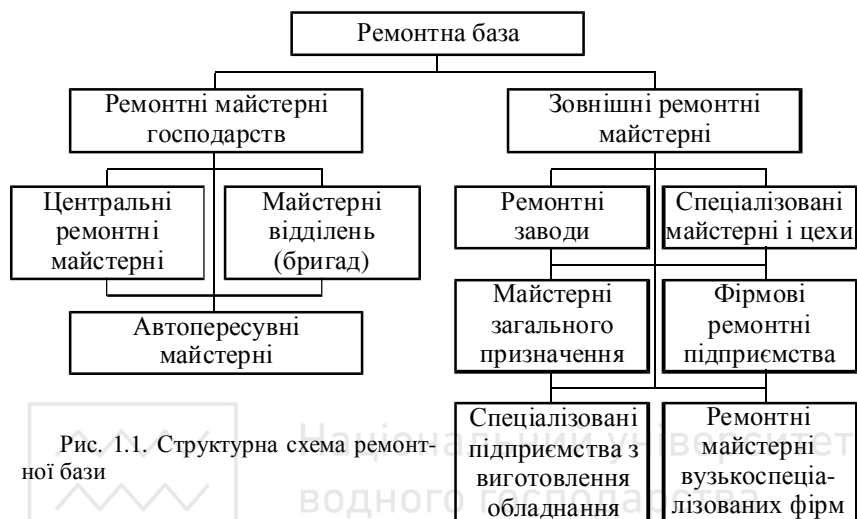


Рис. 1.1. Структурна схема ремонтної бази

Майстерні відділень (бригад) забезпечують виконання всіх операцій з технічного обслуговування машин, контроль технічного стану (діагностування), усунення несправностей шляхом заміни вузлів і деталей і виконання нескладних ремонтних робіт.

В центральних ремонтних майстернях господарств проводять технічне обслуговування і поточний (експлуатаційний) ремонт машин, заміну вузлів та агрегатів з обмінного фонду.

Автопересувні ремонтні майстерні і пересувні засоби технічного обслуговування дозволяють усувати несправності і проводити технічне обслуговування машин за місцем їх роботи.

Ремонтні майстерні загального призначення передбачають ремонт різноманітних машин у невеликій кількості. В окремих випадках в цих майстернях організовують спеціалізовані відділення або цехи для централізованого ремонту деталей.

Фірмові ремонтні підприємства здійснюють, як правило, весь комплекс ремонтних робіт від конкретної фірми-виробника машин або обладнання.



Невеликі майстерні вузькоспеціалізованих фірм займаються відновленням визначеної номенклатури деталей.

Спеціалізовані ремонтні підприємства (заводи): ремонт автомобілів; ремонт тракторів або шасі тракторів; ремонт меліоративних машин; ремонт двигунів; ремонт електрообладнання; ремонт гідравлічних систем; ремонт паливної апаратури; централізований ремонт (відновлення) деталей масового використання (плунжерних пар, поршневих пальців і т.д.) та ін.

Кожне з таких підприємств може спеціалізуватися на повнокомплектному ремонті машин, обладнання або окремих агрегатів і вузлів обмеженої номенклатури. В більшості спеціалізованих підприємств створюються спеціалізовані цехи з централізованого ремонту спрацьованих деталей обмеженої номенклатури.

Якщо декілька ремонтних підприємств сумісно приймають участь в процесі ремонту машин однієї або декількох марок, то така форма організації виробництва називається кооперуванням. Зосередження капітального ремонту машин на все більш великих ремонтних підприємствах називається концентрацією. Концентрація, спеціалізація і кооперування підприємств взаємно пов'язані. Чим сильніше розвинута концентрація, тим більше можливостей з'являється для спеціалізації і кооперування.

Якщо на ремонтному підприємстві вартість річного обсягу ремонтної продукції одного профілю складає не менше 50 % вартості загального річного обсягу продукції, то таке підприємство називається спеціалізованим. Розрізняють наступні форми їх спеціалізації: предметна, подетальна, технологічна. Предметна спеціалізація характеризується зосередженням на ремонтних підприємствах однорідних за призначенням об'єктів ремонту (наприклад, машин певних марок). При подетальній спеціалізації ремонтне підприємство відновлює складові частини машин певної номенклатури (агрегати, вузли, деталі). При технологічній спеціалізації на підприємстві виконуються окремі технологічні операції (ливарні, гальванічні, ковальські та інші).

### **1.3. Розміри виробництв з відновлення деталей машин**

Розглянемо систему організації відновлення деталей у розрізі мережі ремонтних підприємств. Аналіз цієї системи дозволяє виділити декілька типів виробництв, які відрізняються складністю тех-



нологічних процесів і обсягом відновлення.

Розрізняють три основні типи ремонтних виробництв: одиничне, серійне і масове. Тип виробництва суттєво впливає на річну програму відновлення деталей (номенклатуру і обсяг) конкретних підприємств.

При одиничному виробництві вироби, складальні одиниці, деталі ремонтують в невеликих кількостях і, як правило, без знеособлення вузлів і деталей. Для цього виробництва характерні наступні особливості: невисокий рівень механізації процесів; переважне застосування універсального обладнання; відносно висока кваліфікація робочого персоналу та їх широкопрофільність. В одиничному виробництві не можна забезпечити повної взаємозаміни.

Серійне виробництво передбачає ремонт машин і їх складових частин серіями (партіями) через визначені проміжки часу. На кожному робочому місці виконується декілька однотипних технологічних операцій. Воно займає проміжне положення між одиничним і масовим виробництвом.

При серійному виробництві часто застосовують спеціальне обладнання, механізовані лінії, спеціальне інструментальне оснащення і контрольно-вимірювальний інструмент. Продуктивність його значно вища одиничного, якість деталей підвищується, забезпечується взаємозамінність, знижується собівартість виготовлення або ремонту продукції.

Відповідно до кількості деталей в партії, їх складності і трудомісткості, частоти появи повторюваності партії протягом року, розрізняють дрібносерійне, середньосерійне, великосерійне або масове виробництво.

При масовому виробництві за більшістю робочих місць закріплюється тільки одна технологічна операція. Технологічний процес – безперервний.

Однією із основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операції  $k_{zo}$ , який можна визначити як відношення кількості всіх технологічних операцій  $O$ , виконаних або які підлягають виконанню протягом місяця, до кількості робочих місць  $N_p$ , на яких вони виконані

$$k_{zo} = \frac{O}{N_p}, \quad (1.2)$$



Масове виробництво характеризується тим, що  $k_{30} = 1$ . Для великосерійного виробництва  $1 < k_{30} \leq 10$ ; для середньосерійного –  $10 < k_{30} \leq 20$ ; для дрібносерійного –  $20 < k_{30} \leq 40$ ; для одиничного –  $k_{30} > 40$ .

Доведення обсягів виробництва і номенклатури відновлювальних деталей до оптимальних розмірів пов'язане з раціональним технічним оснащенням підприємств. Проте віднесення цехів і заводів до окремих типів виробництва за ступенем оснащення технологічного процесу часто носить умовний характер. На одному ремонтному заводі одні складальні одиниці або деталі відновлюють (виготовляють) періодично повторюваними, різними партіями, а інші – безперервно. Відповідно, одночасно може існувати серійне і масове виробництво. Відносять завод (цех) до одного з типів виробництва умовно за переважаючим типом виробництва на даному заводі або в цеху.

#### 1.4. Методи ремонту машин в ремонтному підприємстві

Методами ремонту називають способи і форми організації праці та виробництва, за якими здійснюється ремонт машин або іншої техніки.

В практиці ремонту застосовують такі методи організації ремонту машин:

1. За знеособленістю конструктивних елементів машин – знеособлений і не знеособлений;
2. За часом проведення – сезонний і цілорічний;
3. За ступенем розчленування операцій технологічного процесу – бригадний (індивідуальний), вузловий, агрегатний, поточно-вузловий і поточний;

При знеособленні конструктивних елементів машин ремонтні дії виконуються без врахування приналежності відновлюваних складових частин до конкретної машини (агрегату). При не знеособленому ремонті всі складові частини після відновлення встановлюються на ту ж саму машину (агрегат), з якої вони були зняті.

Під цілорічним ремонтом називають таку організацію проведення ремонту машин протягом всього року при виникненні потреби в ньому, який планується цілорічним графіком. Сезонний ремонт – це така організація ремонту, при якому машини ремонтують у визна-



чений період часу року, коли машини даного виду не мають виробничого навантаження або їх завантаження мінімальне.

Продуманий розподіл ремонту за періодами року з врахуванням сезонності роботи машин і рівномірного завантаження ремонтних підприємств забезпечується цілорічним графіком ремонту.

Застосування відповідного методу ремонту машин обумовлено різними факторами: кількісним складом і маркою машин в господарстві, їх конструктивними особливостями, виробничими умовами проведення ремонту, об'ємом виробничої програми ремонтного підприємства і рядом інших. В ряді випадків при ремонті машин застосовують декілька методів одночасно. Так, наприклад, ремонт машини організований на підприємстві агрегатним методом, а його агрегати на цьому ж підприємстві ремонтують вузловим або поточно-вузловим методом.

Найпростішим методом ремонту машин є бригадний. При ремонті силами і засобами універсальної (комплексної) бригади весь обсяг робіт виконується однією бригадою, в яку входять слюсарі, зварювальники, електрики та інші спеціалісти. Універсальні бригади застосовують при ремонті машин в польових умовах, а також і в заводських при великій різнотипності і малій кількості об'єктів, які підлягають ремонту.

Комплексні бригади найчастіше в своїй роботі застосовують індивідуальний метод ремонту, при якому всі придатні і відновлені деталі, зняті з даної машини, знову встановлюють на ту ж саму машину (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Схема ремонту машин індивідуальним (бригадним) методом



Загальна тривалість ремонту машин визначається тривалістю не тільки розбирально-складальних і слюсарних операцій, але і тривалістю операцій з ремонту і виготовленню деталей.

Ремонт силами і засобами спеціалізованих бригад (постів) здійснюється головним чином на ремонтних підприємствах. Кількість цих бригад визначається кількістю машин, які ремонтуються за рік, їх конструкцією, відповідним технологічним процесом ремонту, оснащенням ремонтного підприємства. Рациональною є організація спеціалізованих бригад для ремонтних підприємств, які зайняті ремонтом тільки однотипних машин.

При вузловому методі об'єми ремонтних робіт проводять на окремих робочих місцях, на кожному з яких виконують комплекс технологічних операцій, необхідних для ремонту визначених вузлів і деталей. Робоче місце укомплектовується необхідним технологічним обладнанням, пристроями, інструментами відповідно до типової технології ремонту. Даний метод застосовують в майстернях господарств і в районних майстернях загального призначення.

Агрегатний метод характеризується тим, що несправні агрегати і вузли машин замінюють новими або раніше відремонтованими (рис. 1.3). Він забезпечує скорочення часу перебування машин в ремонті, підвищує якість і знижує собівартість робіт, сприяє рівномірному завантаженню ремонтних підприємств.



Рис. 1.3. Схема ремонту машин агрегатним методом



Поточно-вузловий метод є удосконаленим вузловим методом. В ньому поєднується поточність загального складання машин або агрегатів на своєрідному конвеєрі (рольгангах, монтажних візках) із складанням окремих вузлів і агрегатів на стаціонарних спеціалізованих робочих місцях. Його застосовують в майстернях загального призначення.

Найпрогресивнішим методом ремонту є поточний метод, який застосовують на спеціалізованих підприємствах, які ремонтують машини або агрегати обмеженої номенклатури. При даному методі ремонтують і складають вузли і агрегати на поточних лініях, а машину складають на головній лінії з готових, обкатаних і випробуваних агрегатів і вузлів.

Залежно від програми і різновиду ремонтіваних об'єктів на ремонтних підприємствах створюють такі типи поточних ліній ремонту: безперервно-поточкові, переривчасто-поточкові і змінно-поточкові.

Для досягнення високої якості ремонту необхідно застосовувати наступні методи ремонту, а саме: в майстернях господарств – вузловий і агрегатний; в майстернях загального призначення – поточно-вузловий, вузловий із застосуванням готових агрегатів; в спеціалізованих майстернях – поточно-вузловий і поточний; на ремонтних заводах – поточний.

### **Контрольні запитання**

1. З якою метою застосовується планово-запобіжна система технічного обслуговування, ремонту машин і обладнання?
2. За якими ознаками несправної роботи машину направляють в ремонт?
3. Дайте коротку характеристику видам ремонту машин
4. Дайте визначення поточного і капітального ремонту
5. Що входить у структуру ремонтної бази?
6. Охарактеризуйте типи ремонтних виробництв.
7. Перерахуйте методи організації ремонту машин.
8. Які переваги агрегатного методу ремонту?





### **2.1. Точність виготовлення, ремонту і взаємозамінність деталей машин та обладнання**

Сучасне машинобудування, а також ремонт машин ґрунтуються насамперед на взаємозамінності деталей, вузлів і агрегатів, забезпечує підвищення продуктивності праці, поліпшення якості і зниження собівартості продукції, відкриває перспективи для автоматизації технологічних і виробничих процесів. Суть взаємозамінності полягає в тому, що деталі машин і механізмів виготовляють (ремонтують) з необхідною точністю, при якій вузли, агрегати і машину складають без додаткової підгонки деталей.

Організація машинобудівного виробництва на базі взаємозамінюваних деталей потребує підвищення точності і якості виробів, тим часом як економічність виробництва пов'язана з меншими вимогами до цих показників. Для підвищення економічності застосовують принцип сортування (селекції) деталей, а в окремих випадках – індивідуальну підгонку деталей (спряжених прецизійних пар).

Ремонт машин і обладнання складених з деталей, які взаємозаміняються, зводиться головним чином до заміни деталей, вузлів і агрегатів, що вийшли з ладу, новими або відремонтованими.

Для забезпечення принципу взаємозамінності необхідно дотримуватися спряжуваних розмірів деталей, які визначаються допусками на неточність виготовлення або ремонту. Величина і розміщення поля допуску пов'язані з характером з'єднання (посадкою), а також з граничними і середніми значеннями зазорів (натягів), які визначаються умовами роботи вузла.

У двох деталей, які під час складання вставляють одна в одну, розрізняють охоплюючу (отвір) і охоплювану поверхні (вал, вісь). Основний розрахунковий розмір, спільний для цих поверхонь називають номінальним розміром. Розмір деталі, визначений вимірюванням називають дійсним. Розміри, між якими може коливатися дійсний розмір, називають граничним (рис. 2.1).

Згідно класифікації умов роботи відновлюваних поверхонь деталей, внутрішні циліндричні поверхні можуть перебувати в спряженні з іншими поверхнями в нерухомому (за рахунок сил тертя, або допоміжних деталей) або в рухомому стані (при терті ковзання

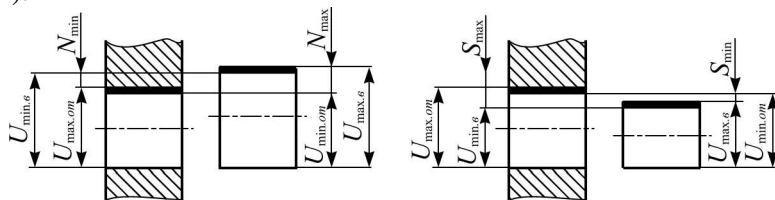


Рис. 2.1. Графічне зображення граничних розмірів, натягів і зазорів у спряженні вала та отвору:  $U_{\max, \epsilon}$ ,  $U_{\min, \epsilon}$  – максимальний і мінімальний розмір вала;  $U_{\max, om}$ ,  $U_{\min, om}$  – максимальний і мінімальний розмір отвору;  $N_{\max}$ ,  $N_{\min}$  – максимальний і мінімальний натяг спряження;  $S_{\max}$ ,  $S_{\min}$  – максимальний і мінімальний зазор спряження

Система допусків і посадок поділяється:

- а) за основою системи – на систему отвору і систему вала;
- б) за величиною допусків – на класи точності;
- в) за величиною зазорів і натягів – на посадки.

У машинобудуванні і ремонтній практиці більшого поширення набула система отвору. Це пояснюється тим, що в системі отвору для всіх можливих посадок одного і того ж класу точності і номінального діаметра граничні розміри отвору залишаються сталими.

Застосування відносно великої кількості класів точності забезпечує вимоги сучасного машинобудування, а також ремонтного виробництва до характеру спряжень деталей і дозволяє виробництву застосовувати найвигідніші методи виготовлення і ремонту деталей з найпростішим, але технологічно прийнятним устаткуванням.

Істотно впливає на експлуатаційні властивості і термін служби деталей рухомих і нерухомих з'єднань деталей ступінь шорсткості поверхонь у поєднанні з точністю їх геометричної форми. Оптимальна чистота поверхні має бути близька до такої, яка утворюється в результаті тривалої нормальної роботи спряження. Вибираючи клас чистоти поверхні, слід враховувати не тільки вимоги, які ставляться до даної поверхні, але і технологічну можливість забезпечення відповідного ступеня чистоти.

## 2.2. Причини виникнення несправностей

При нормальній експлуатації машин відбувається природне спрацювання деталей і спряжень. Проте трапляються випадки, коли



машини виходять з ладу передчасно і не забезпечують встановленого для них технічного ресурсу. Утворення і розвиток несправностей в машині пояснюється дією об'єктивно існуючих закономірностей. Несправності машин проявляються в зміні фізико-механічних властивостей матеріалу деталей, конструктивних розмірів і стану їх поверхні, умов експлуатації та інших причин.

Поява несправностей обумовлена конструктивними, технологічними та експлуатаційними факторами.

До конструктивних факторів відносяться: розрахункові навантаження, швидкості відносного переміщення, тиску, матеріали, їх фізико-механічні характеристики і структура, конструктивне виконання деталей і складальних одиниць, форма і величина зазорів або натягів в спряженнях, макрогеометрія, шорсткість і твердість поверхонь, умови мащення і охолодження деталей.

Технологічними факторами є прийоми, способи, точність і стабільність отримання заготовок, види механічної, термічної, зміцнювальної і фінішної обробки, правильність складання, регулювання, припрацювання і випробування вузлів, агрегатів і машин.

Експлуатаційні фактори здійснюють вирішальний вплив на збереження властивостей елементів машин, які забезпечуються їх конструкцією і технологією виготовлення. До експлуатаційних відносяться фактори, які визначаються призначенням машини, її навантажувальним і швидкісним режимам, інтенсивністю експлуатації, а також своєчасністю і повнотою технічного обслуговування.

Різний термін служби (ресурс) деталей обумовлюється різноманітністю функцій деталей в машині, широкому діапазоні зміни діючих на деталі навантажень, наявністю як активних (рухомих), так і пасивних (нерухомих) деталей, різноманітністю видів тертя в спряженнях, використанням в спряженнях деталей різних матеріалів, точністю і якістю обробки спряжених деталей та умов експлуатації.

### **2.3. Характерні несправності деталей машин**

Кожна деталь машини, як конструктивна одиниця, складається з визначеної кількості елементів, загальна кількість яких не перевищує шести (тертя, опорні, привалкові, передавальні, кріпильні, зв'язні). Вказані елементи утворюють сукупність характерних структурних параметрів, які визначають технічний стан деталей. Довговічність деталей машин визначається, головним чином, їх міцністю,



жорсткістю і стійкістю спрацюванню і вирішується при проектуванні деталей з врахуванням умов експлуатації.

За походженням несправностей деталей поділяють на три групи: спрацювання, механічні і хіміко-теплові пошкодження.

Основною причиною втрати працездатності деталей є спрацювання їх робочих поверхонь. Відмови через спрацювання у сучасних машинах досягають 80-90 % від загальної кількості відмов. Найчастіше спрацьовується зовнішня та внутрішня циліндричні поверхні (рис. 2.2).

Спрацювання деталей машин визначаються тиском, циклічними навантаженнями, режимом мащення, швидкістю переміщення поверхонь тертя, температурним режимом роботи деталей, агресивністю робочого середовища, якістю обробки поверхонь тертя і т.д.

Механічні пошкодження деталей – це поломки, вигини, вм'ятини і скручування, пробоїни, тріщини, risks, задирки, викришування.

Хіміко-теплові пошкодження деталей порівняно з іншими зустрічаються рідко і виникають в результаті дії хімічних і теплових (іноді в поєднанні з механічними) факторів. До пошкоджень цієї групи належать жолоблення, корозія, раковини, утворення нагару і накипу, електроерозійне руйнування та ін.

Часто деталі можуть мати декілька несправностей. За імовірністю виникнення всі можливі несправності деталей можна поділити на чотири види: взаємовиключні, залежні, рівноможливі і незалежні або випадкові.

За характером виникнення взаємовиключні несправності можуть бути результатом нормального спрацювання або аварії; залежні і рівноможливі – тільки результатом нормального спрацювання; випадкові – наслідком аварії або порушення правил експлуатації.

Здатність матеріалу чинити опір спрацюванню в експлуатаційних умовах характеризується стійкістю проти спрацювання, яка, в основному, забезпечується вибором оптимальних матеріалів і методів зміцнення. Вона визначається фізико-механічними характеристиками контактуючих поверхонь, до яких відносяться твердість, модуль пружності, границя пружності та границя текучості, поверхнева енергія, пластичність, міцність зчеплення покриття з основою, ступінь і глибина наклепу, залишкові напруження тощо.

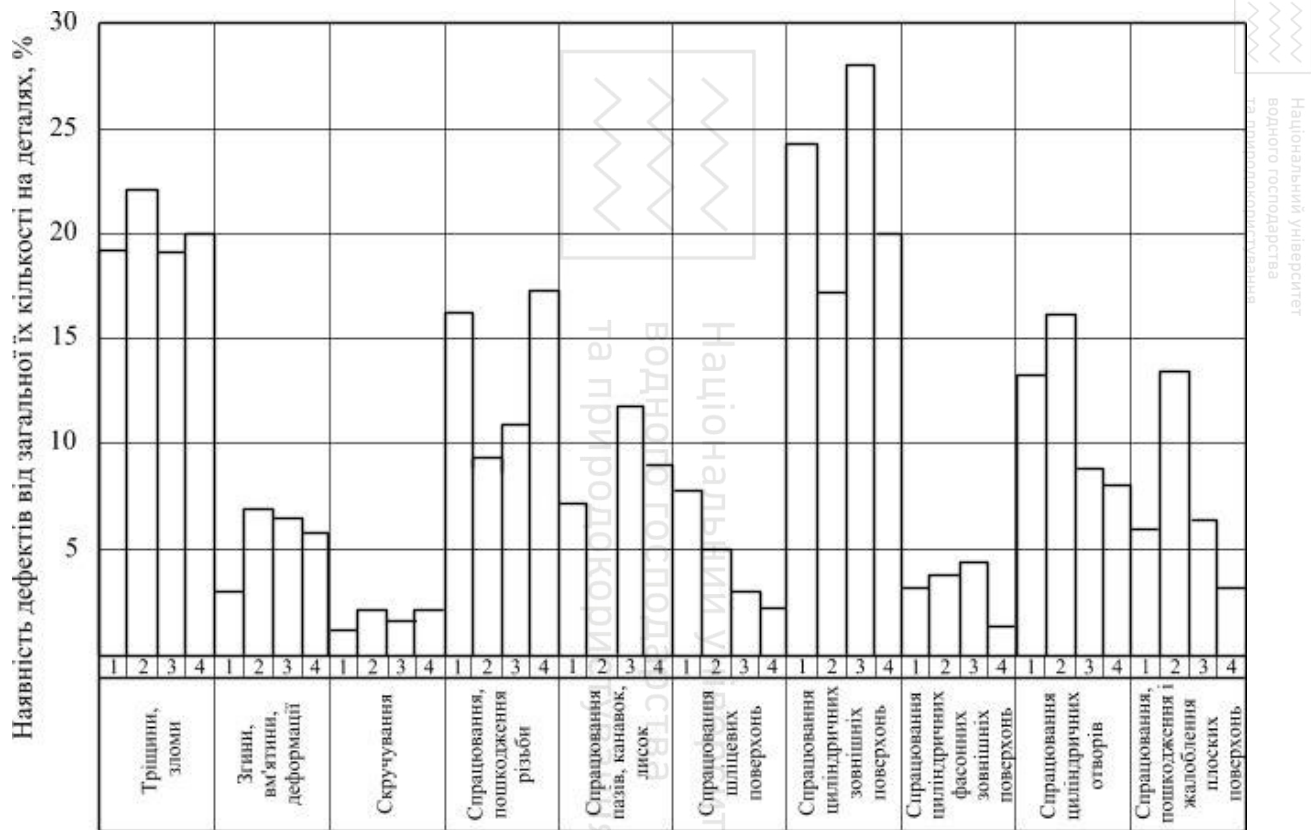


Рис. 2.2. Наявність дефектів на основних конструктивних елементах деталей машин: 1 – трактори; 2 – автомобілі; 3 – комбайни; 4 – сільськогосподарські машини та знаряддя



Розрізняють наступні процеси спрацювання.

Механічне спрацювання пов'язане із зміною ваги, розмірів і форми деталей, внаслідок тертя, сколювання і зминання (результат механічної дії при терті).

Механічно-хімічне спрацювання є результатом механічної дії при терті, яке супроводжується хімічною і (або) електрохімічною взаємодією матеріалу з середовищем.

Окислювальне спрацювання – це процес поступового руйнування поверхонь деталей при терті, викликаний взаємодією активних, пластично деформованих поверхневих шарів металу з атомами кисню, який міститься в повітрі або в мастилі і адсорбується на поверхнях. Даний вид спрацювання проявляється в утворенні хімічних адсорбованих плівок, плівок твердих розчинів і хімічних з'єднань металу з киснем і видаленні їх з поверхні тертя.

В звичайних умовах експлуатації машин має місце механічно-хімічний процес окислювального спрацювання.

Абразивне спрацювання – це процеси руйнування поверхні деталей машин, які обумовлені наявністю абразивного середовища в зоні тертя. Він широко розповсюджений в практиці. Абразивному спрацюванню піддаються робочі органи ґрунтообробних, будівельних і дорожніх машин.

Гідроабразивне і газоабразивне спрацювання – абразивне спрацювання в результаті дії твердих тіл або твердих частинок, які забираються відповідно потоком рідини або газу.

Термін ерозія об'єднує широкий клас видів поверхневого руйнування деталей машин під дією динамічних потоків рідин (гідроерозія), газів (газова ерозія) або електричних розрядів (електроерозія). В більшості випадків в процесі ерозії відбувається інтенсивне руйнування матеріалів з утворенням каверн і раковин. При підвищених швидкостях потоку рідин ведучим є механізм мікро ударного руйнування (кавітаційна ерозія).

Внаслідок багаторазових контактних повторюваних навантажень і розвантажень і в місцях концентрації знакозмінних або пульсуючих напружень, може відбуватися втомлювальне руйнування металу. Спочатку в металі накопичуються незворотні зміни, які призводять до виникнення мікро тріщин, з поступовим збільшенням і заглибленням їх в середину до повного руйнування металу деталі.

При терті ковзання з дуже малими зворотно-поступальними пе-



реміщеннями і динамічному прикладенні навантаження має місце фретинг-корозія. На поверхнях контакту спряжених деталей при фретинг-корозії проходять такі фізико-механічні процеси: схоплювання, абразивне руйнування, втомлювальні процеси, які супроводжуються окисленням і корозією.

Деталі, нормальні умови роботи яких пов'язані з високою температурою (головки циліндрів, поршні, клапани) зазнають теплового спрацювання.

Адгезійне спрацювання відбувається в результаті локального з'єднання двох твердих тіл, що труться, і глибинного виривання матеріалу з їх поверхневих шарів.

Для визначення спрацювання деталей застосовують наступні методи:

1. Мікрометражне вимірювання деталей універсальними і спеціальними вимірювальними мікрометричними засобами. Величину спрацювання визначають як різницю розмірів поверхонь деталей до і після спрацювання.

2. Профілографування поверхонь. Здійснюють спеціальними приладами (профілографами), які дають можливість графічно записати фактичний рельєф спрацьованої поверхні.

3. Методом штучних баз (за допомогою відбитків і вирізанням лунок). В першому випадку на поверхню тертя натисканням наносять заглиблення визначеної форми (конус, піраміда), а в другому – на поверхні тертя тригранним алмазним різцем нарізають лунки.

4. Визначення спрацювання за втратою маси. Вимірювання здійснюється шляхом зважування деталей до і після спрацювання.

5. Визначення спрацювання за вмістом продуктів спрацювання у маслі. Вміст металу визначають за допомогою хімічного або спектрального аналізу золи спаленої проби масла.

6. Визначення спрацювання за допомогою радіоактивних ізотопів. Вимірюють радіоактивність винесених продуктів спрацювання в маслі шляхом попереднього введення радіоактивного ізотопу в деталь.

## **2.4. Граничні стани деталей, спряжень, складальних одиниць і механізмів машин**

Зміна стану спряжень основним чином характеризується спрацюванням деталей, а тому граничний стан спряжень встановлюють



за критерієм граничного спрацювання. До параметрів граничного стану деталей і спряжень відносяться граничні значення зазору в спряженнях, розміру або спрацюванню елементів деталі, похибки форми і взаємного розміщення осей та поверхонь, параметри пружності тощо.

Рекомендується розглядати три критерії граничного стану деталей і спряжень (запропоновано Г.В. Веденяпіним): технічний, технологічний і економічний, який залежить від призначення машини та її вузла або механізму.

Критерії граничного стану рекомендується встановлювати залежно від впливу спрацювання на роботу машини. При цьому розглядається три випадки:

В першому випадку в результаті спрацювання машина не може більше функціонувати, тобто є нероботоздатною. Наприклад, поломка колінчастого вала, поршневого кільця, заклинювання зубів шестерень і т.д.

В другому випадку спрацювання призводить до попадання в зону інтенсивного виходу з ладу машини і її деталей. При цьому виникають удари, відбувається інтенсивне спрацювання поверхонь, збільшуються вібрації, підвищується температура вузлів. Наприклад, спрацювання верхнього поршневого компресійного кільця, покритого електролітичним хромом. Граничне спрацювання настає після зняття шару хрому, що призведе до різкого інтенсивного спрацювання спряження.

В третьому випадку в результаті спрацювання характеристики машини виходять за допустимі або рекомендовані межі. Наприклад, при спрацюванні деталей циліндро-поршневої групи двигуна змінюються потужність, питома витрата палива, підвищується витрата мастильного матеріалу. Двигун може продовжувати працювати, але як тільки стан його спряжень буде відповідати максимально допустимим змінам його характеристики, цей стан стане граничним.

Граничні спрацювання основних деталей часто встановлюють на основі практичних даних експлуатації і ремонту машин.

Для визначення напрацювання  $T$  деталі необхідно мати криву спрацювання деталей залежно від напрацювання (рис. 2.3) і значення граничного спрацювання  $U_{gp}$ , оскільки

$$T = \frac{U_{gp}}{\gamma}, \quad (2.1)$$





де  $\gamma$  – випадкова функція, яка характеризується швидкістю спрацювання спряження.

Допустимі спрацювання  $U_{don}$  (рис. 2.4) менші граничних  $U_{zp}$ , оскільки деталь не повинна вийти з ладу протягом наступного міжремонтного напрацювання  $T_1$ . За період міжремонтного напрацювання спрацювання деталі збільшується на  $\gamma T_1$ .

Тоді

$$U_{don} + \gamma \cdot T_1 = U_{zp} \quad \text{або} \quad U_{don} = U_{zp} - \gamma \cdot T_1. \quad (2.2)$$

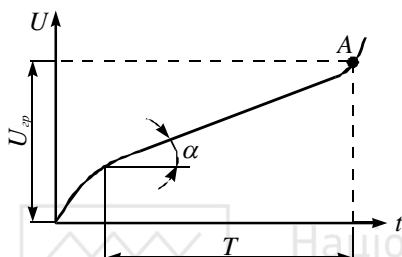


Рис. 2.3. Залежність спрацювання  $U$  від напрацювання  $t$  деталі

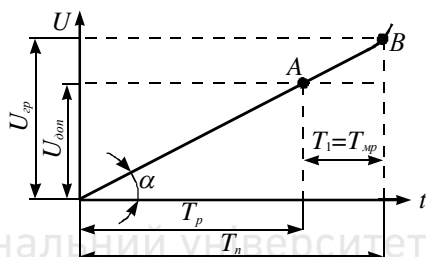


Рис. 2.4. Схема до розрахунку допустимого і граничного спрацювання деталі

Враховуючи, що  $\operatorname{tg} \alpha = \gamma = U_{don} / T_p$ ,  $T_p$  – напрацювання деталі в даний момент ремонту, отримаємо

$$U_{don} \left( 1 + \frac{T_1}{T_p} \right) = U_{zp} \quad \text{або} \quad U_{don} = \frac{U_{zp}}{1 + \frac{T_1}{T_p}}. \quad (2.3)$$

Якщо від останнього ремонту даний періодичний ремонт, при якому проводиться дефектування деталей буде  $K$ , то  $T_p = K \cdot T_1$ .

Тоді формула для розрахунку допустимого спрацювання прийме вигляд

$$U_{don} = \frac{U_{zp}}{1 + \frac{T_1}{K \cdot T_1}} \quad \text{або} \quad U_{don} = \frac{K}{K + 1} U_{zp}. \quad (2.4)$$

За значеннями  $U_{zp}$  можна визначити напрацювання  $T_p$  деталей, які замінюються при періодичному ремонті



$$T_p = \frac{K}{K+1} \cdot \frac{U_{sp}}{\gamma} \quad \text{або} \quad T_p = \frac{K}{K+1} \cdot T_n. \quad (2.5)$$

Розглянемо приклад визначення граничних і допустимих розмірів або інших контрольних показників технічного стану деталей, спряжень, механізмів, які необхідні для дефектування машин (запропоновано Ю.М. Артем'євим).

На схемі (рис. 2.5) побудовані лінії спрацювання деталей № 1 і № 2, які працюють в спряженні з деталлю № 1. Початковий зазор в спряженні на схемі позначений  $S_n$ . Середня інтенсивність спрацювання деталі № 1 характеризується кутом  $\alpha_1$  нахилу лінії спрацювання, а деталі № 2 – кутом  $\alpha_2$ . Граничне напрацювання спряження, а відповідно, і граничний зазор в спряженні визначається аналітично або графічно. На схемі ці показники відмічені вертикальною лінією  $I-I$ , граничне напрацювання позначено  $T_{sp}$ , а граничний зазор –  $S_{sp}$ .

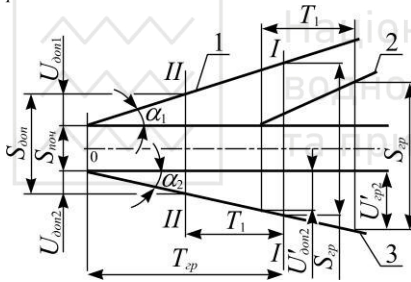


Рис. 2.5. Схема для визначення допустимих спрацювань деталей і допустимих зазорів в спряженнях: 1 – деталь № 1; 2 – деталь № 1 замінена; 3 – деталь № 2

Якщо відомо, через яке напрацювання дане спряження обов'язково повторно поступить на ремонтне підприємство на контроль або ремонт, то за побудованою схемою можна встановити допустиме спрацювання обох деталей і допустимий зазор в спряженні.

Для цього необхідно вліво від вертикалі  $I-I$  відкласти значення  $T_1$ , яке відповідає міжремонтному напрацюванню, і провести вертикаль  $II-II$ . Розмір  $S_{don}$ , який показаний на цій вертикалі, буде відповідати значенню допустимого зазору в спряженні, при якому деталі з спрацюванням можна без відновлення залишати на машині, оскільки вони відпрацюють ресурс до наступного ремонту. Перетин вертикалі  $II-II$  з лінією спрацювання деталі № 1 дозволяє отримати також допустиме її спрацювання  $U_{don1}$ , а з лінією спрацювання деталі № 2 – допустиме спрацювання  $U_{don2}$ .

Якщо за умовами роботи спряження одна з деталей має великий ресурс і велике граничне спрацювання, при ремонті машин можна



відновлювати роботоздатність спряження заміною однієї з деталей (наприклад, деталі № 1). В даному випадку деталь № 2 буде мати підвищене граничне і допустиме спрацювання ( $U'_{\text{пр}2}$  і  $U'_{\text{дон}2}$ ).

Допустимі і граничні спрацювання таких деталей, як шестерні, втулки, пальці і багато інших отримані з використанням цього методу.

## 2.5. Ремонтні розміри деталей машин

В процесі експлуатації машин відбувається спрацювання спряжень деталей. Підвищити довговічність спрацьованих спряжень можна за рахунок заміни однієї деталі, іншою новою, розміри якої будуть враховувати величину спрацювання спряження. Таким способом подовжують термін служби, наприклад, спряжень шийок колінчастих валів і вкладишів шатунних і корінних підшипників авто-тракторних двигунів при поточному ремонті. При збільшенні зазору в спряженні порівняно з максимальним початковим на 0,05-0,10 мм старі вкладиші замінюють новими, внутрішні розміри яких менші від нормальних на 0,05 мм.

Під час ремонту машин нормальні зазори в спряженнях можна також відновити за допомогою механічної обробки спрацьованої поверхні однієї деталі до відновлення її попередньої геометричної форми і спряження її після цього з другою новою деталлю, розміри якої враховують зміни розмірів першої. Такий новий номінальний розмір спряжених деталей називають ремонтним.

В процесі експлуатації отвір з номінальним розміром  $D_n$  спрацювався до розміру  $D_1$ , при цьому спрацювання його нерівномірне (з одного боку воно менше  $\delta_{\min}$ , з другого – більше  $\delta_{\max}$ ). Поверхню отвору оброблено до ремонтного розміру  $D_p$  (рис. 2.6).

При умові збереження початкового положення осі отвору ремонтний розмір можна визначити із залежності

$$D_p = D_n + 2(\delta_{\max} + x), \quad (2.6)$$

де  $x$  – мінімальний припуск на обробку поверхні отвору.

Загальне спрацювання поверхні отвору

$$\delta_0 = D_1 - D_n = \delta_{\max} + \delta_{\min}. \quad (2.7)$$

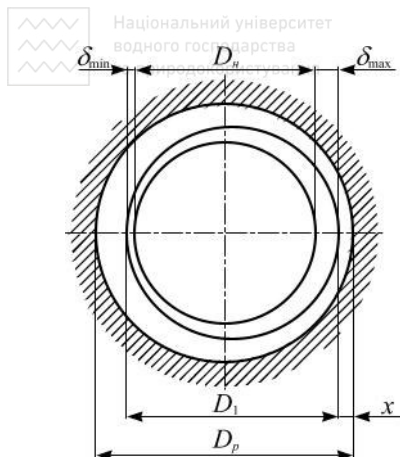


Рис. 2.6. Схема спрацьованої поверхні отвору деталі, який розточується до ремонтного розміру

Ремонтні розміри для спрацьованих шийок валів розраховують як і ремонтні розміри для спрацьованих отворів деталей, тільки при цьому ремонтні розміри не більші, а менші від номінальних.

#### Контрольні запитання

1. У чому суть взаємозамінності деталей машин?
2. Які розміри може мати деталь?
3. Розкрийте причини виникнення несправностей.
4. Наведіть приклади характерних несправностей деталей машин.
5. Якими методами визначаються несправності машин?
6. Назвіть основні критерії граничного стану деталей машин.
7. Навіщо необхідно знати граничні і допустимі розміри деталей, спряжень, механізмів?
8. Дайте визначення ремонтного розміру. Як його отримують?

Ремонтний розмір можна визначити за формулою

$$D_p = D_n + 2(\beta \cdot \delta_0 + x), \quad (2.8)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт нерівномірності спрацювання поверхні отвору,

$$\beta = \frac{\delta_{max}}{\delta_0}.$$

Якщо конструкція деталі передбачає збільшення діаметру отвору до величини  $D_{max}$ , кількість ремонтних розмірів визначиться за формулою

$$n = \frac{D_{max} - D_1}{2(\beta \cdot \delta_0 + x)}. \quad (2.9)$$



## Розділ 3

### ДЕФЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ

#### 3.1. Дефекти деталей машин

Технічний стан деталей машин проявляється у зміні зовнішнього вигляду, функціональних властивостей матеріалу, відхиленнях від заданої форми і розмірів та ін. Кожна окрема невідповідність параметру встановленим вимогам нормативно-технічної документації називається дефектом. Дефекти відносяться як до окремих поверхонь, так і до деталі в цілому.

Дефекти поверхонь деталей класифікуються за невідповідністю розмірів (74,9 %), форми (19,5 %), шорсткості (4,9 %), фізико-механічних властивостей (0,2 %) і порушення цілісності (0,5 %). Найбільша кількість деталей (біля 83 %) має спрацювання до 0,6 мм, основна частка яких припадає на циліндричні поверхні – 52 %.

Розрізняють наступні групи дефектів, які відносяться до деталей в цілому: порушення цілісності (тріщини, обламування, пробоїни та ін.); невідповідність форми (згинання, скручування, вм'ятини та ін.) і розмірів деталей. Може бути і поєднання дефектів.

При виборі способу і технології відновлення велике значення мають розміри дефектів. Виділяють три групи розмірів – до 0,5 мм; 0,5-2 мм і більше 2 мм.

Згідно класифікації Є.Л. Воловика, за видами поверхонь, які спрацьовуються і пошкоджуються, всі дефекти деталей розбиті на 14 груп: спрацювання циліндричної зовнішньої поверхні; спрацювання конічної і сферичної поверхонь; спрацювання шліців; спрацювання пазів, канавок, лисок; спрацювання і пошкодження різьби; спрацювання отворів; спрацювання і жолоблення плоскої поверхні; спрацювання профільної і фасонної поверхонь; спрацювання зубів циліндричних шестерень; спрацювання зубів конічних шестерень; спрацювання поверхні черв'яка; тріщини і зломи; згин та ін.

Класифікація дефектів дозволяє проаналізувати основні фактори, які впливають на надійність деталей та їх складальних одиниць і машину в цілому, визначити варіанти організації та ремонтно-технологічного впливу з забезпеченням нормативних показників надійності відремонтованих машин. Дефекти розбивають на групи за загальними класифікаційними ознаками (рис. 3.1).

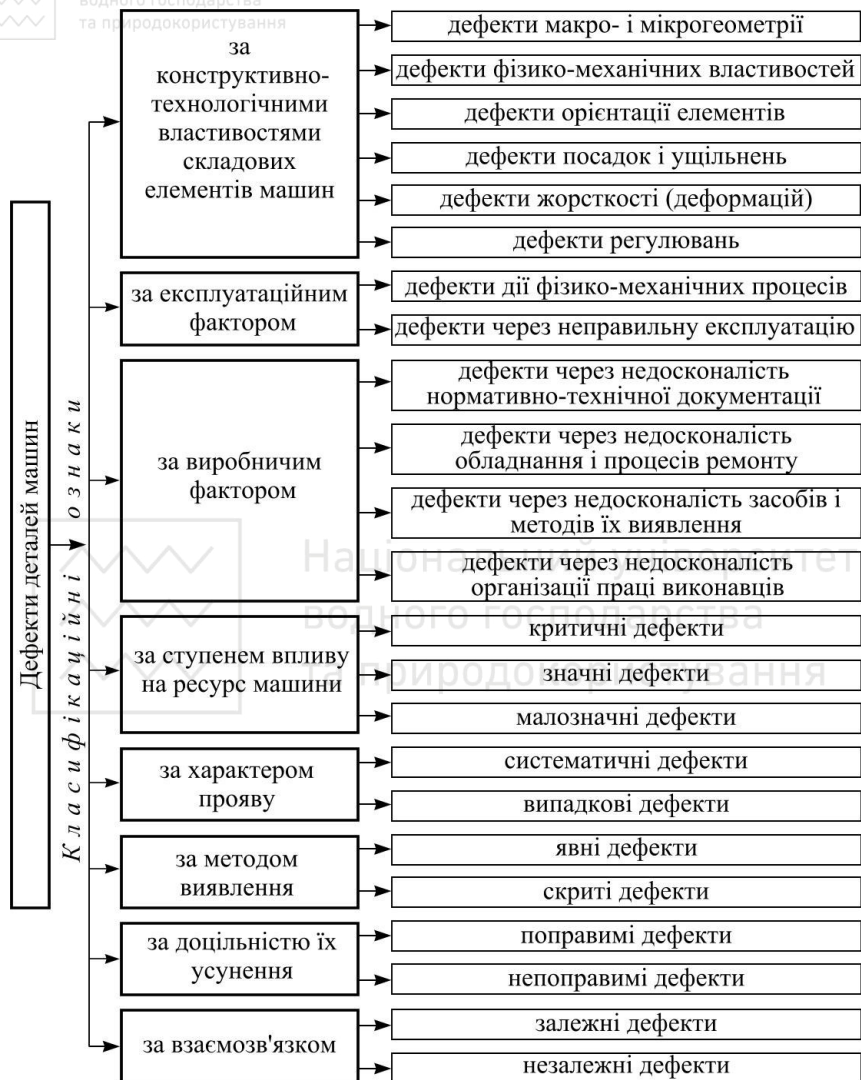


Рис. 3.1. Класифікація дефектів деталей машин



Наведемо класифікацію дефектів деталей за причинами їх виникнення, які запропоновані О.В. Каракулевим (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

## Класифікація дефектів деталей за причинами їх виникнення

Найменування факторів, які спричиняють дефекти деталей	Ознаки властивостей дефектів	Найменування деталей (приклад)	Конструктивно-технологічні фактори
Зношення при терті ковзання або кочення	Зміна габаритних розмірів, маси, об'єму, конфігурації, властивостей поверхні і її розмірів	Вали, півосі, шестерні, поверхні прилягання базових деталей, отвори картерів, маточин коліс	Геометрична конфігурація і габаритні розміри деталей
Скручування, згин	Зміна форми, цілісності деталей, конфігурації; порушення співвісності	Вали, осі, важелі, штанги, тяги, вилки, направляючі рами	Відносне положення поверхонь, геометрична конфігурація
Злом, сколювання, зріз, зрив	Зміна цілісності деталі, форми і конфігурації	Картери, стакани, шестерні, вали, осі, пружини, паси	Геометрична конфігурація, габаритні розміри
Корозія, роз'їдання	Погіршення властивостей матеріалу, зовнішнього вигляду	Капоти, кабіни, крила, кришки, дверцята	Геометрична конфігурація, властивість матеріалу
Старіння матеріалу	Зміна в'язкості, пружності, еластичності, твердості, пластичності	Пружини, паси, сальники, прокладки; матеріал деталей	Властивість матеріалу, геометричні розміри і конфігурація
Деформація поверхонь	Зміна геометричної конфігурації, розміру поверхні, тріщини, зминання, порушення співвісності	Картери, корпуси блоків, коробок, редукторів, головок; маточини коліс, рами	Геометрична конфігурація і габаритні розміри поверхонь



Більшість класифікацій дозволяють отримати тільки якісну картину основних дефектів. Однак вони не придатні для розроблення ефективних технологій відновлення деталей, оскільки не відображають кількісних показників їх структурних ознак.

Вказаний недолік усуває класифікатор, розроблений науково-виробничим об'єднанням “Ремдеталь”, який дозволяє сформувати коди дефектів і на їх основі вибирати раціональні способи відновлення деталей. Він включає в себе класифікацію типових поверхонь деталей (табл. 3.2) і класифікацію видів дефектів поверхонь залежно від розміру дефекту (табл. 3.3).

Таблиця 3.2

Класифікація типових поверхонь деталей

<div>  <p>Форма поверхні</p> </div>	Код типової поверхні з врахуванням умов роботи і спрацювання в з'єднанні									
	нерухомому		рухомому							
	за рахунок тертя	за рахунок допоміжних деталей	ковзання				кочення			інші
			поступальне	зворотно-поступальне	обертове	зворотно-обертове	обертове	зворотно-обертове	з проковзуванням	
Зовнішня циліндрична	А	Б	-	В	Г	Д	Е	Ж	-	-
Внутрішня циліндрична	І	К	-	Л	М	Н	-	-	-	-
Різьбова	П	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Шліцьова	-	Р	-	-	-	-	-	-	-	-
Зубчаста	-	-	-	-	-	-	-	-	С	Т
Плоска	-	-	У	-	Ф	-	-	-	-	Х
Канавки, пази, лиски	-	Ц	-	-	-	-	-	-	-	-
Конічна, сферична	Ш	-	-	-	-	Є	-	-	-	-
Профільна, фасонна	-	-	Ю	-	-	-	-	-	-	-





Таблиця 3.3

Класифікація видів дефектів поверхонь

Код	Дефекти поверхні, які не відповідають вимогам	Масштаб (розмір) дефекту, мм
0 } 1 } 2 }	за розміром	{ 0...0,5 { 0,5...2,0 { Більше 2,0
3 } 4 } 5 }	за формою	{ 0...0,5 { 0,5...2,0 { Більше 2,0
6	за шорсткістю	-
7	інші	-

### 3.2. Визначення коефіцієнтів відновлення, придатності і вибракування деталей

Залежно від видів, величини і характеру спрацювання та інших дефектів, деталі поділяють на три основні групи:

- 1) придатні для подальшої експлуатації;
- 2) такі, що підлягають ремонту (відновленню);
- 3) непридатні для подальшої експлуатації (брак).

Коефіцієнти відновлення ( $K_{\epsilon}$ ), придатності ( $K_z$ ) і вибракування ( $K_{\delta}$ ) визначаються відповідно за формулами

$$K_{\epsilon} = \frac{N_{\epsilon}}{N_{\partial}}; \quad K_z = \frac{N_z}{N_{\partial}}; \quad K_{\delta} = \frac{N_{\delta}}{N_{\partial}}, \quad (3.1)$$

де  $N_{\partial}$  – загальна кількість продефектованих деталей, шт;

$N_{\epsilon}$  – кількість продефектованих деталей, які підлягали відновленню, шт;

$N_z$  – кількість продефектованих деталей, які придатні для подальшої експлуатації, шт;

$N_{\delta}$  – кількість продефектованих деталей, які підлягали вибракуванню, шт.

Для перевірки правильності визначення коефіцієнтів придатності



до експлуатації, відновлення та бракування за кожною назвою деталі використовують залежність

$$K_{\delta} + K_{\varepsilon} + K_{\phi} \leq 1. \quad (3.2)$$

Коефіцієнти повторюваності дефектів ( $K_{\delta}$ ) встановлюють для деталей, які підлягають відновленню і визначають для кожного дефекту за формулою

$$K_{\delta} = \frac{N_{\text{деф}}}{N_{\delta}}, \quad (3.3)$$

де  $N_{\text{деф}}$  – кількість деталей з одним і тим же дефектом з усієї кількості деталей, які підлягають відновленню, шт.

Загальний коефіцієнт повторюваності дефектів  $K_{n\delta}$  визначають формулою

$$K_{n\delta} = 1 - \left(1 - K_{\delta}^{\max}\right) \prod_{i=2}^n (1 - K_{\delta i})^{1/n}, \quad (3.4)$$

де  $K_{\delta}^{\max}$  – коефіцієнт повторюваності дефекту поверхні з максимальним значенням коефіцієнту (з мінімальним ресурсом);

$K_{\delta i}$  – коефіцієнти повторюваності дефектів решти поверхонь;

$n$  – кількість взаємопов'язаних поверхонь.

### 3.3. Методи контролю геометричних параметрів деталей

Виготовлення деталей машинобудування, їх відновлення в ремонтному виробництві пов'язане з дотриманням заданих розмірів, форми та якості поверхні, що вимагає застосування різноманітних контрольно-вимірювальних засобів і методів вимірювання. Найчастіше вимірювання проводять для визначення геометричних розмірів деталей, форми і взаємного розміщення поверхонь.

При дефектуванні застосовують наступні методи вимірювання: абсолютний, коли прилад показує абсолютне значення вимірюваного параметра, і відносний – відхилення вимірюваного параметра від встановленого розміру.

Якщо вимірний елемент приладу безпосередньо дотикається з контрольованою поверхнею, то такий метод називають контактним, а якщо не дотикається – безконтактним.

При вимірюванні методом безпосередньої оцінки (прямий метод) шукане значення величини визначають безпосередньо за відліковим

пристроєм засобу вимірювання. У випадку непрямого методу значення величини знаходять шляхом вимірювання іншого параметру, пов'язаного з шуканим безпосередньою залежністю. Наприклад, у ротаметрі, щоб визначити розмір отвору, треба застосовувати залежність між зазором і витратою повітря.

За кількістю вимірюваних параметрів методи контролю діляться на диференціальні і комплексні. При першому вимірюють значення кожного параметра, а при другому – сумарну похибку окремих геометричних розмірів виробу.

Прикладом комплексного методу є визначення ступеня придатності підшипників кочення за радіальним (або осьовим) зазором, який пов'язаний із зношуванням бігових доріжок внутрішнього і зовнішнього кілець, а також елементів кочення.

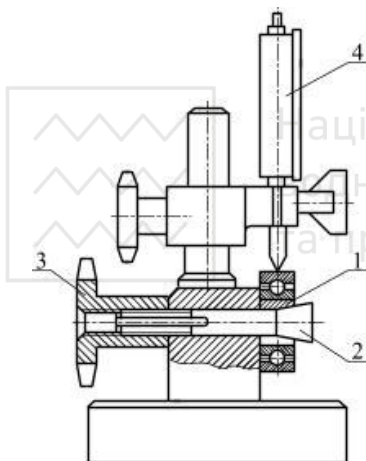


Рис. 3.2. Пристрій для контролю радіального зазору підшипника: 1 – розрізна втулка; 2 – конусна оправка; 3 – гайка; 4 – індикатор

Підшипник, який контролюють, встановлюють внутрішнім кільцем на розрізну втулку 1 (рис. 3.2) і закріплюють на конусній оправці 2 гайкою 3. В циліндричну поверхню зовнішнього кільця підшипника встановлюють наконечник індикатора 4.

Надаючи зовнішньому кільцю підшипника коливальні рухи в вертикальному напрямку, за відхиленням стрілки індикатора визначають величину радіального зазору.

Безшкальні жорсткі інструменти (пробки, скоби, шаблони) застосовують для підвищення продуктивності праці, підвищення якості дефектування та економії вартісного вимірювального інструменту. Ними дефектують циліндричні зовнішні і внутрішні робочі поверхні, а також фасонні поверхні (зуби, шліци, шпонкові пази та ін.). Наприклад, шестерня вважається придатною, якщо при встановленні шаблону на зуб залишається зазор між шаблоном і головкою зуба (рис. 3.3).

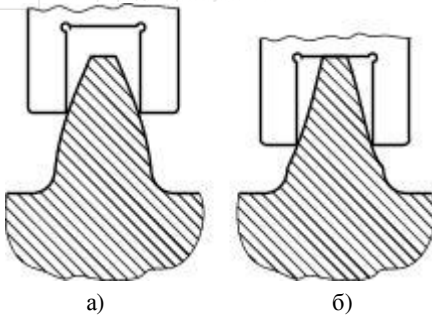


Рис. 3.3. Перевірка шаблоном товщини  
зуба придатної (а) і непридатної (б) шестер-  
ні

Перевірка за допомогою універсальних вимірювальних інструментів визначає відхилення спряжень від заданого зазору або натягу, деталей від заданого розміру, від площинності, форми, профілю і т.д.

Для цих цілей застосовують лінійки, повірочні плити, штрихові інструменти з ноніусом (штангенциркуль, штангенглибиномір, штангензубомір), мікрометричні

(мікрометри, мікрометричний нутромір, глибиномір), механічні прилади (індикатор годинникового типу, важільна скоба, важільний мікрометр) і цілий ряд інших вимірювальних приладів (оптиметри, ротаметри, інструментальні мікроскопи). Наприклад, неплоскостність (жолоблення) оброблених привалкових поверхонь деталей визначають за допомогою перевірної лінійки і щупа, знос шийки вала визначають мікрометром, а циліндрів – індикаторним нутроміром.

Вимірювальні засоби мають певні метрологічні характеристики, до основних з яких відносяться: ціна та інтервал розподілу шкали, точність відліку, похибка і межі вимірювання. Вибір вимірювального засобу залежить від співвідношення між допуском на допустиме зношування  $\delta$  і граничною похибкою інструменту  $\Delta_{lim}$ . Щоб імовірність вибракування придатної деталі або пропуску непридатної була допустимо мала, повинно зберігатися відношення:

$$\Delta_{lim} \leq K \cdot \delta, \quad (3.5)$$

де  $K$  приймають рівним 0,25-0,30.

Під час дефектування допуск  $\delta$  визначається як різниця між середнім за кресленням і допустимим при ремонті розмірами.

В технічних умовах на ремонт машин взаємне положення деталей визначається наступними параметрами: точністю відстані між осями циліндричних поверхонь або між площинами; точністю кутового розміщення поверхонь або їх осей; допустимим відхиленням паралельності або перпендикулярності осей (площин) між собою;

допустимим відхиленнями співвісності циліндричних поверхонь та ін.

Перевірка взаємного розміщення робочих поверхонь здійснюється, як правило, за допомогою спеціальних пристроїв і приладів.

Розглянемо деякі конструкції таких пристроїв. Наприклад, для перевірки паралельності осей корпусних деталей (рис. 3.4, а) встановлюють у отвір деталі конічні втулки з оправками. Встановлюється індикаторна стійка на оправку і виставляється нуль на індикаторі. Переставлянням індикаторної стійки на протилежну сторону оправки деталі знімаються покази індикатора.

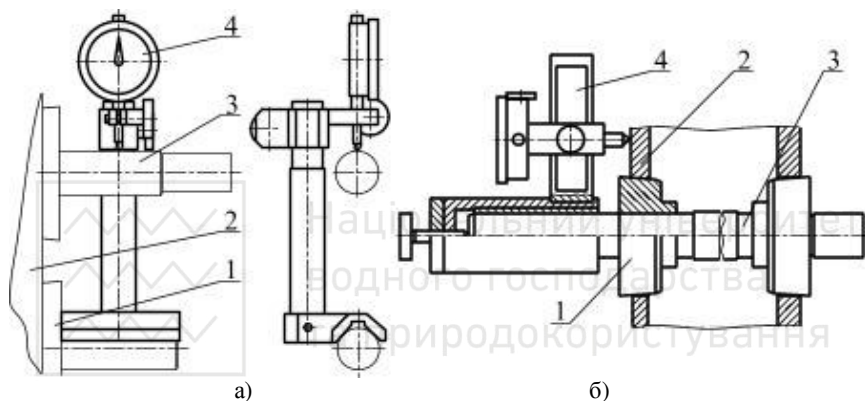


Рис. 3.4. Пристрій для контролю паралельності (а) та перпендикулярності (б) осей корпусних деталей: 1 – конічна втулка; 2 – корпусна деталь; 3 – оправка; 4 – вимірювач з індикатором

В процесі перевірки перпендикулярності спільної осі отворів (рис. 3.4, б) відносно базової площини, встановлюють у отвір конусні втулки з оправками. Встановлюється вимірювач з індикатором на оправку і фіксується гвинтом. Виставляється необхідна відстань (відповідно до технічних умов) важелем пристрою, відносно осі отвору, для якого визначаються відхилення від перпендикулярності. Потім встановлюється ніжка індикатора на базову площину і виставляється нуль на шкалі індикатора. Провертаючи вимірювач на  $180^\circ$  знімають покази індикатора.

Широкого розповсюдження набули такі спеціальні засоби дефектування, як індикаторні пристрої для перевірки згину валів, згину і скрученості шатунів, торцевого і радіального биття шестерень, пружності поршневих кілець і пружин тощо.



### 3.4. Методи виявлення прихованих дефектів деталей

В машинобудуванні і в ремонтній практиці широко застосовуються наступні методи дефектоскопії (неруйнівного контролю): оптичний, акустичний, магнітний, проникаючими рідинами, радіаційний та ін.

Оптичні методи основані на аналізі взаємодії оптичного випромінювання з контрольованим об'єктом. Він призначений для виявлення різних поверхневих дефектів деталей, скритих дефектів агрегатів, контролю закритих конструкцій, важкодоступних місць. Виявлення дефектів здійснюється оптичними пристроями (лінзами, лазерами, мікроскопами, ендоскопами).

За характером взаємодії розрізняють методи пройденого, відбитого, розсіяного та індукованого випромінювання.

Найпростішим методом є органолептичний візуальний контроль, який ґрунтується на оцінці технічного стану деталей за допомогою органів чуття. Явні дефекти (тріщини, зломи, пробоїни, викришування) виявляють зовнішнім оглядом неозброєним оком або за допомогою лінзи 5-10 кратного збільшення. Постукуванням (на слух) визначають малопомітні тріщини, ослаблення пресових посадок, заклепочних з'єднань. Випробуванням вручну перевіряють повертання кільця підшипника, придатність різьб закручуванням і відкручуванням болта або гайки, вільність переміщення деталей рухомих з'єднань.

Для виявлення дефектів виробничо-технологічного і експлуатаційного походження застосовують капілярні методи, які основані на капілярному проникненні індикаторних рідин в порожнини поверхневих дефектів. Ці методи дозволяють контролювати об'єкти любых розмірів і форм, виготовлених з чорних і кольорових металів і сплавів, пластмас, скла, кераміки, а також інших твердих неферомагнітних матеріалів.

Капілярні методи поділяються власне на капілярний (основний) і комбінований (капілярно-електростатичний, капілярно-магнітний та ін.). В якості проникаючої рідини застосовують розчини і суспензії. За способом отримання первинної інформації розрізняють однотонний (ахроматичний), кольоровий (хроматичний), люмінесцентний і люмінесцентно-кольоровий.

Сутність капілярного методу полягає у наступному (рис. 3.5). На очищену поверхню деталі наносять проникаючу рідину (пенетрант),



яка заповнює порожнину поверхневих дефектів. Потім рідину видаляють і наносять проявник, який адсорбує залишки рідини в порожнинах поверхневих дефектів, утворюючи індикаторний рисунок.

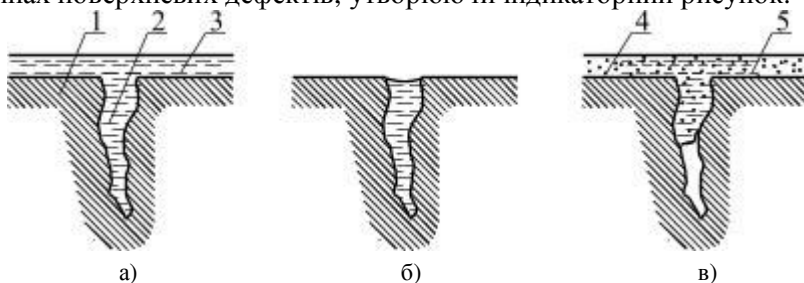


Рис. 3.5. Схема контролю деталей капілярним методом: а – тріщина заповнена проникаючою рідиною; б – рідина видалена з поверхні деталі; в – нанесений проявник, тріщина виявлена; 1 – деталь, 2 – тріщина; 3 – проникаюча рідина; 4 – проявник; 5 – слід тріщини

Метод пошуку нещільностей (підтікань) оснований на реєстрації (виявленні) газів і рідин, які проникають в наскрізні дефекти контрольованого об'єкта. Цим методом перевіряють герметичність пустотілих деталей, блоків циліндрів, головок блоків циліндрів, баків, водяних і масляних радіаторів, камер шин, трубопроводів та ін.

При гідравлічному методі внутрішню порожнину деталі заповнюють робочою рідиною (водою), герметизують технологічними кришками, фланцями, заглушками, створюють надлишковий тиск і витримують певний час (рис. 3.6). Наявність дефекту встановлюють візуально за наявністю підтікань або падінню тиску.

Акустичні методи оснований на реєстрації пружних коливань, збуджених в контрольованому об'єкті. Їх застосовують для виявлення поверхневих і внутрішніх дефектів (порушень суцільності, неоднорідності структури, дефектів паяння, зварювання) різних матеріалів.

Акустичні методи діляться на дві групи: активні, які використовують випромінювання і приймання акустичних коливань і хвиль, і пасивні, оснований тільки на прийманні коливань і хвиль. В кожній групі виділяють методи, оснований на виникненні в об'єкті контролю біжучих і стоячих хвиль або резонансних коливань, об'єкта в цілому або його частини.

За частотною ознакою всі акустичні методи діляться на низькочастотні і високочастотні. До перших відносять методи, які викори-



стовують коливання в звуковому і низькочастотному (до 100 кГц) ультразвуковому діапазоні частот. До других – методи, які використовують коливання у високочастотному (до 50 МГц) ультразвуковому діапазоні частот. Високочастотні методи зазвичай називають ультразвуковими.

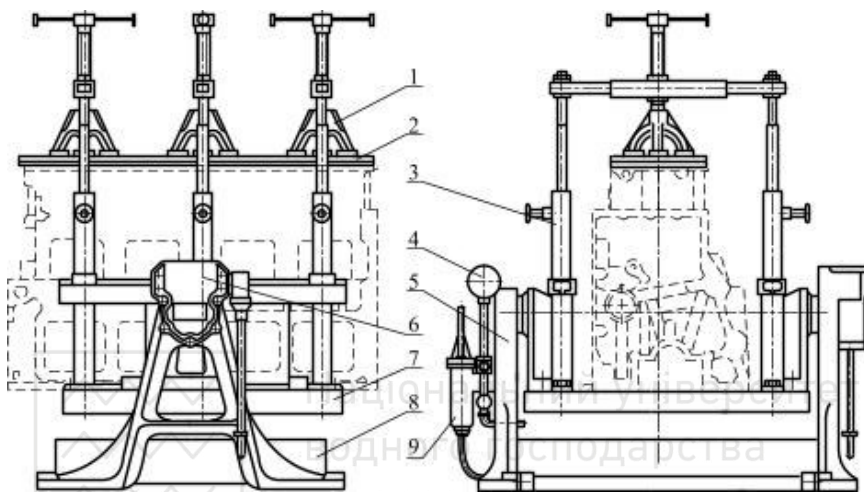


Рис. 3.6. Схема стенда для гідралічного випробування блока циліндрів двигуна: 1 – затискач; 2 – плита; 3 – стійка; 4 – манометр; 5 – опора; 6 – поворотні механізми; 7 – стіл; 8 – ванна; 9 – поршковий насос

В практиці найчастіше застосовують метод проходження (тіньовий) і метод відображення (ехо-метод).

Тіньовий метод оснований на реєстрації зменшення амплітуди коливань через наявність дефектів (рис. 3.7, а). Чим крупніший дефект, тим слабше проходить до приймача сигнал. Застосовують імпульсне і безперервне (рідше) випромінювання.

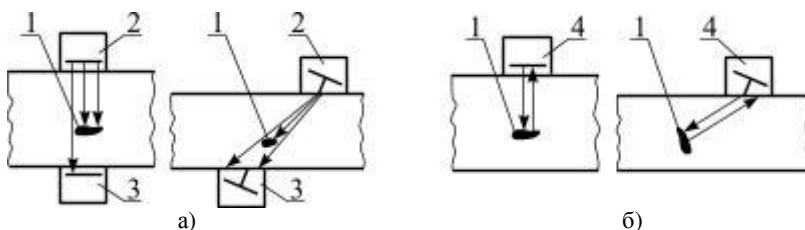


Рис. 3.7. Схема тіньового (а) та ехо-методу (б) акустичного контролю: 1 – дефект; 2 – випромінювач; 3 – приймач; 4 – підсилювач і приймач (поєднана схема)





Ехометод оснований на реєстрації ехосигналів від дефектів (див. рис 3.7, б). На екрані індикатора спостерігають відправлений імпульс, імпульс, відбитий від протилежної поверхні (дна) об'єкту та ехосигнал від дефекту.

Ультразвук передають наступними способами: контактним, щілинним, іммерсійним і безконтактним.

При контактному способі перетворювач безпосередньо притискають до поверхні виробу (звуковий діапазон) або попередньо змащеною рідиною (ультразвуковий діапазон). В якості мастильних матеріалів застосовується мінеральне масло, гліцерин та інші рідини.

При щілинному (струминному) способі між перетворювачем і спеціальним обмежувачем створюється зазор, в який безперервно подається контактна рідина. Цей спосіб акустичного зв'язку використовують, якщо поверхня виробу розміщена вертикально або має змінну кривизну.

При іммерсійному способі між перетворювачем і виробом створюється значний шар рідини шляхом поміщення її в ванну з водою або утворенням місцевої рідинної ванни.

Крім вказаних, існують безконтактні способи збудження за допомогою електромагнітного поля (електромагнітно-акустичний зв'язок) і лазерний.

Магнітні методи основані на реєстрації магнітних полів розсіювання над дефектами або магнітних властивостей контролюваного об'єкту. В місцях утворення поверхневих і внутрішніх дефектів виникають потоки розсіювання (рис. 3.8). Їх виявляють різними методами: магніто-порошковим, ферозондовим, індукційним, магнітографічним та ін.

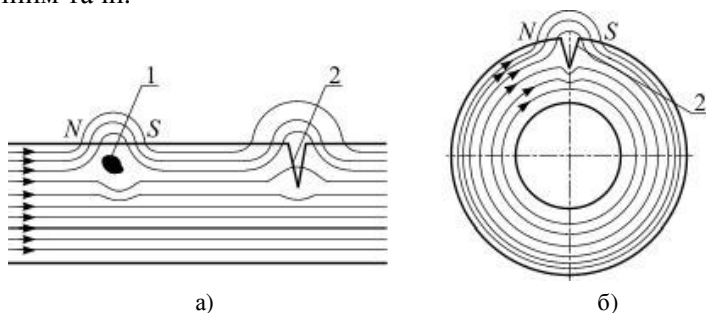


Рис. 3.8. Схема виникнення магнітних полів розсіювання під час поздовжнього (а) і циркуляційного (б) намагнічування: 1 – неметалеві включення; 2 – тріщина



Залежно від способу індикації магнітних полів, розрізняють методи з безпосереднім перетворенням магнітного поля в електричний сигнал і методи без перетворення в електричний сигнал.

Для реєстрації і вимірювання магнітних полів та їх неоднорідності, застосовують плоскі котушки поля, ферозонди, індукційні головки, магнітні стрічки і магнітні порошки.

За допомогою котушок поля простіше всього виміряти змінне магнітне поле. Ферозонди застосовують для вимірювання постійних і змінних, однорідних і неоднорідних полів. Для реєстрації постійного магнітного поля без перетворення в електричний сигнал широко розповсюджена тонка феромагнітна стрічка. Іншим способом індикації неоднорідностей магнітного поля є метод з використанням магнітного порошку, який полягає у взаємодії неоднорідного магнітного поля з феромагнітними частинками.

Магнітний контроль можна проводити способом прикладеного магнітного поля або способом залишкового намагнічування.

Контроль способом прикладеного магнітного поля полягає у намагнічуванні деталі і одночасному реєструванні напруженості магнітних полів розсіювання дефектів перетворювачем. Його застосовують для деталей, які виготовлені з магнітом'якого матеріалу з низьким значенням коерцитивної сили ( $< 1280$  А/м) і залишкової індукції ( $< 0,53$  Т).

При контролі залишкового намагнічування деталей попередньо намагнічують, а потім після зняття намагнічуючого поля на її поверхню наносять магнітну суспензію або порошок. Його застосовують для перевірки деталей з магнітотвердих матеріалів з високим значенням коерцитивної сили ( $\geq 1280$  А/м) і залишкової індукції ( $\geq 0,53$  Т).

В практиці магнітного контролю використовують наступні способи намагнічування деталей: комбіноване (в прикладеному магнітному полі), циркуляційне і полюсне (в прикладеному магнітному полі і на залишкове намагнічування).

Комбіноване намагнічування (рис. 3.9, а) здійснюється при одночасному намагнічуванні двома або декількома магнітними полями і дозволяє виявити дефекти, орієнтовані різним чином.

Циркуляційним намагнічуванням (рис. 3.9, б) створюють магнітне поле, магнітні силові лінії якого розміщені у вигляді концентричних кілець. Його застосовують для виявлення дефектів, розміще-

них вздовж поздовжньої осі деталі або під невеликим кутом.

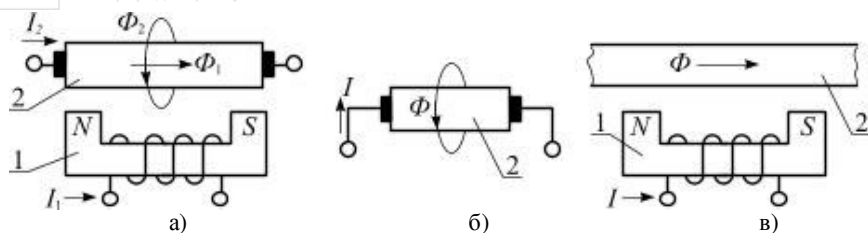


Рис. 3.9. Схема комбінованого (а), циркуляційного (б) і полюсного (в) способу намагнічування деталі: 1 – електромагніт; 2 – деталь (об'єкт контролю),  $\Phi$  – магнітний потік;  $I$  – намагнічуючий струм

Полюсним поздовжнім намагнічуванням (рис. 3.9, в) створюють поздовжнє магнітне поле (вздовж деталі). Деталь розміщують між полюсами постійного магніту (електромагніту) або в магнітному полі соленоїда. Його застосовують для виявлення дефектів, розміщених перпендикулярно до поздовжньої осі деталі або під кутом до неї не більше 20-25°.

Серед всіх методів дефектування деталей, які поступають в ремонт, найрозповсюдженішим є магніто-порошковий. Він оснований на реєстрації магнітних полів розсіювання, які виникають над дефектами в деталі при її намагнічуванні, за допомогою феромагнітних частинок (магнітного порошку), що знаходиться в зваженому стані в дисперсному середовищі або повітрі. На магнітну частинку в неоднорідному магнітному полі дефекту діє сила, яка прагне затягнути її в місця найбільшої концентрації силових ліній і приблизити до місця дефекту (рис. 3.10).

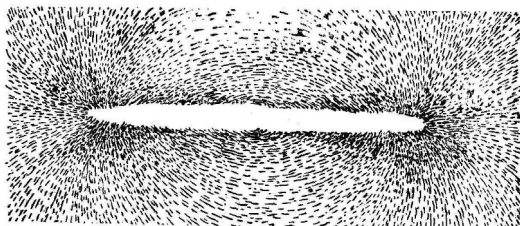


Рис. 3.10. Розміщення феромагнітного порошку навколо дефекту під дією магнітного поля

Методика магніто-порошкового способу включає такі операції: підготовку поверхні перед контролем; підготовка суспензії; намагнічування деталі; нанесення суспензії на поверхню деталі; огляд поверхні і виявлення місць, покритих відкладеннями порошку; розмагнічування.



Електромагнітний (вихрових струмів) метод контролю оснований на аналізі взаємодії зовнішнього електромагнітного поля з електромагнітним полем вихрових струмів, наведених в об'єкті контролю цим полем. Інтенсивність і розподіл вихрових струмів в об'єкті залежить від його геометричних і електромагнітних параметрів, а також від взаємного розміщення вимірювального перетворювача і об'єкта. В якості перетворювачів застосовують індуктивні котушки. Зазвичай застосовують одну генераторну і одну або декілька вимірювальних (приймальних) котушок.

Електромагнітні методи поділяються за полевизначальними системами, які можуть бути прохідними (котушка охоплює деталь або вставляється в неї) і накладними (котушка встановлюється на деталь торцем).

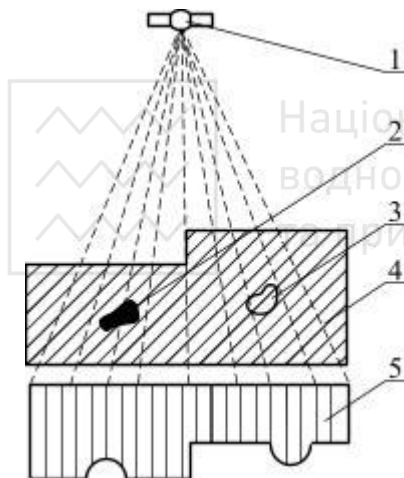


Рис. 3.11. Схема просвічування деталі рентгенівським або  $\gamma$ -випромінюванням: 1 – джерело випромінювання; 2 – шлакове включення; 3 – раковина; 4 – деталь; 5 – епюра інтенсивності випромінювання за об'єктом

Радіаційні методи основані на взаємодії проникаючих випромінювань з контрольованим об'єктом. Проникаюче випромінювання неоднаково проникає крізь різні матеріали і поглинається в них в залежності від товщини, роду (густини) матеріалів і енергії випромінювання. Для виявлення внутрішніх дефектів в деталях з однієї сторони встановлюють джерело випромінювання, з іншої – детектор, який реєструє інформацію про внутрішню будову об'єкту (рис. 3.11). Інтенсивність випромінювання при проходженні крізь дефект, заповнений повітрям або газом, ослабляється менше, ніж в суцільному металі, а сильніше –

над дефектом, заповненим більш щільним матеріалом, ніж основний (виходить на детектор з різною інтенсивністю).



Залежно від застосованого детектора розрізняють три основних методи радіаційного контролю: радіографічний (зображення об'єкту реєструється на радіографічну плівку), радіоскопічний (зображення перетворюють в світлотіньове, яке передається на флуоресціюючий екран або електронно-оптичний перетворювач), радіометричний (вихідний сигнал детектора після перетворення реєструється на діаграмній стрічці)

Методи радіохвильові (реєстрація зміни параметрів електромагнітних коливань), теплові (реєстрація теплових полів) і електричні (реєстрація електростатичних полів і електричних параметрів) знайшли обмежене застосування в ремонтному виробництві.

### 3.5. Вибір методів дефектоскопії

Найефективніші результати контролю можуть бути досягнуті тільки при технічно правильному виборі і застосуванні методів дефектоскопії (табл. 3.4).

В машинобудуванні використовують різні матеріали, які відрізняються хімічним складом, ступенем деформації, макроструктурою, термічною обробкою, густиною та іншими фізичними властивостями. Так, наприклад, поверхневі дефекти в феромагнітних сталях можуть бути виявлені намагнічуванням деталі магнітними методами. Однак цей метод є непридатним, якщо виріб виготовлено з пластмаси. В цьому випадку поверхневі дефекти можна виявити капілярними методами.

На вибір методів впливає і конструкція (форма і розміри) виробів. Габаритні вироби контролюють, як правило, по частинам з попереднім визначення небезпечних зон контролю. Дрібні деталі (болти, шпильки, ролики) доцільно контролювати методами, які легко піддаються автоматизації або механізації, наприклад, електромагнітними, ферозондовими.

Стан поверхні виробу характеризується заданою шорсткістю і наявністю захисних покриттів. Так, наприклад, ультразвуковий і капілярний метод застосовують при шорсткості поверхні за 5-м класом і більше, магнітний і електромагнітний – не менше 3-го класу. Захисні покриття не дозволяють застосування оптичних і капілярних методів. Електромагнітні методи виявляють тріщини на деталях, які мають лакофарбові та інші неметалеві покриття товщиною до 0,5 мм. Магнітно-порошковим методом виявляють тріщини



Таблиця 3.4

Основні методи вибору неруйнівного контролю в умовах виробництва, експлуатації і ремонту залежно від факторів

Вид контролю	Методи	Форма деталі		Матеріал деталі			Місце розміщення дефекту		
		проста	складна	метал магнітний	метал немагнітний	неметали	на поверхні	в глибині металу	під шаром покриття
Акустичний	Тіньовий	+	-	+	+	+	+	+	-
	Ехо-метод	+	+	+	+	+	+	+	+
Магнітний	Магніто-порошковий	+	+	+	-	-	+	-	+
	Магніто-графічний	+	-	+	-	-	+	-	-
	Ферозондовий	+	-	+	-	-	+	+	-
Оптичний	Оптичний	+	+	+	+	+	+	-	-
Проникаючими рідинами	Кольоровий	+	+	+	+	+	+	-	-
	Люмінесцентний	+	+	+	+	+	+	-	-
	Пошуку підтікань	+	+	+	+	+	Наскрізний дефект		
Електромагнітний	Вихрових струмів	+	+	+	+	-	+	-	+
Радіаційний	Рентгенографічний	+	+	+	+	+	+	+	+

Дефекти деталей можуть мати різне походження і відрізнятися за видом, розмірами, місцем розміщення і т.д. Для виявлення внутрішніх дефектів у сталених деталях застосовують радіаційний (товщина металу до 150 мм) і ультразвуковий (товщина металу більше 150 мм) метод. Поверхневі дефекти виявити легше. Однак і в даному випадку необхідно вибирати і застосовувати методи в залежності



ті від місця розміщення тріщини (гладка поверхня, перехід з галтеллю, різьба і т.д.).

При виготовленні вироби контролюють з метою виявлення дефектів металургійного або виробничо-технологічного походження. На ремонтних підприємствах контролюють дефекти, які пов'язані з тривалістю і умовами роботи деталей і агрегатів: механічних пошкоджень, деформацій, спрацювань, втомлювальних тріщин, корозії і т.д. В умовах експлуатації метою контролю є виявлення дефектів (як правило без демонтажу), що виникають на деталях в процесі роботи, в основному втомлювальних тріщин і корозії.

Застосування комплексного контролю виробів в умовах виробництва, експлуатації і ремонту дозволить підвищити якість і надійність машин.

### **Контрольні запитання**

1. Як класифікуються дефекти деталей машин і обладнання?
2. На які групи поділяють деталі під час їх дефектування?
3. Яку інформацію відображає коефіцієнт повторюваності дефектів?
4. Якими методами контролюють геометричні параметри деталей?
5. Наведіть приклади диференціального і комплексного методу контролю геометричних параметрів деталей.
6. Перерахуйте основні методи виявлення скритих дефектів в деталях.
7. Як поділяються акустичні методи виявлення скритих дефектів?
8. Розкрийте сутність капілярного методу контролю дефектів.



## РОЗДІЛ 4

### ВИРОБНИЧИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ МАШИН І ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

#### 4.1. Загальні положення виробничого і технологічного процесу ремонту

Виробничий процес ремонту машин і обладнання передбачає комплекс робіт, які виконуються в певній послідовності на ремонтному підприємстві з метою відновлення їх нормальної роботоздатності. Під час ремонту виконують основні (технологічні), допоміжні і обслуговуючі процеси.

Основною складовою частиною виробничого процесу є технологічний, який безпосередньо пов'язаний з послідовною зміною стану або форми об'єкту ремонту. Розрізняють одиничний, типовий і груповий технологічний процес.

Технологічний процес складається з окремих взаємопов'язаних між собою технологічних операцій – миття і очищення, розбирання, відновлення деталей, складання та ін. Операції об'єднують послідовні дії робітників і обладнання. Кожна операція або група операцій закріплена за робочими постами і виконується на визначених робочих місцях із застосуванням відповідного технологічного обладнання та оснастки.

Безперебійність виробничого і технологічного процесу на підприємстві досягається дотриманням наступних організаційно-технологічних принципів виробництва: пропорційності, паралельності, неперервності, прямотечійності і ритмічності.

Пропорційність характеризується рівністю або кратністю тривалості виконуваних операцій технологічного процесу ремонту на робочих місцях в часі, а також в приблизній рівності пропускної здатності і потужності основних відділень підприємства.

Паралельність процесу передбачає одночасне виконання найбільшої кількості можливих операцій технологічного процесу.

Неперервність виробничого процесу характеризується відсутністю міжопераційних перерв.

Прямотечійність процесу полягає у забезпеченні найкоротших шляхів переміщення об'єкту ремонту за всіма стадіями і операціями технологічних і допоміжних процесів.

Ритмічність забезпечується регулярністю повторення при ремонті





ті через рівні проміжки часу на всіх стадіях і операціях за визначений проміжок часу.

Незважаючи на велику кількість машин і обладнання, існує загальна структура технологічного процесу їх ремонту. До технологічного процесу повнокомплектного капітального ремонту машин входить:

- 1) приймання машини в ремонт і її зовнішнє миття;
- 2) демонтаж технологічного обладнання;
- 3) розбирання машини на агрегати, вузли і деталі; миття та очищення деталей;
- 4) контроль (дефектування), сортування деталей і спряжень;
- 5) ремонт і відновлення деталей і спряжень;
- 6) комплектування, складання вузлів і агрегатів; фарбування, обкатування, випробування агрегатів;
- 7) загальне складання, фарбування, обкатування машини та обладнання;
- 8) видача машини з ремонту.

Характер виконання процесів та їх операцій впливає на тривалість ремонту об'єкта (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Перелік основних процесів ремонту і характер їх проведення

Основні стадії технологічного процесу ремонту машин	Характер виконання операцій	
	відносно попереднього процесу	в середині процесу
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Приймання в ремонт	-	Послідовне
Підготовка до ремонту	} Послідовне	
Розбирання на агрегати і вузли		
Миття агрегатів і вузлів	Змішане	Послідовне
Розбирання агрегатів і вузлів на деталі	Послідовне	Паралельне
Миття деталей	} Послідовне	
Дефектування і сортування деталей		
Відновлення деталей	Послідовне	Паралельне
Комплектування деталей для складання вузлів і агрегатів	Змішане	Паралельне



1	2	3
Складання вузлів і агрегатів, їх обкатування, випробування і фарбування	Послідовне	Змішане
Складання машини	Змішане	Послідовне
Обкатування машини	}	Послідовне
Фарбування машини і сушіння		
Видача з ремонту		

#### **4.2. Підготовка машин до ремонту, доставка на ремонтне підприємство і приймання в ремонт**

Перед відправленням на ремонтне підприємство машини ретельно очищають від бруду, пилу і складають на них необхідну супровідну документацію (технічний паспорт, наряд на ремонт та ін.). Машини можна доставляти в ремонт своїм ходом або за допомогою великовантажних автомобілів (напівпричепів). Машина, незалежно від способу транспортування в ремонт, повинна пересуватися своїм ходом (крім машин з аварійним пошкодженням).

Машини (агрегати) здаються в ремонт комплектними. Допускається відсутність незначної кількості кріпильних деталей і деяких дрібних деталей (фіксаторів, пробок, лампочок тощо).

Машини приймають в ремонт працівники відділів технічного контролю ремонтного підприємства або технічного обмінного пункту відповідно до технічних умов. На основі зовнішнього огляду, випробування на ходу і технічної супровідної документації складають відповідний акт приймання-здавання машини (агрегату).

#### **4.3. Миття та очищення машин, їх агрегатів і деталей**

В процесі експлуатації машин на поверхнях їх деталей відкладаються забруднення (різноманітні за своєю природою), які заважають проведенню ремонту машин, агрегатів і деталей (рис. 4.1).

Очищення машин, їх агрегатів, вузлів і деталей від забруднень визначає якість виконання наступних ремонтних операцій, а також забезпечує чистоту у відділеннях і в прилеглих до нього приміщеннях.

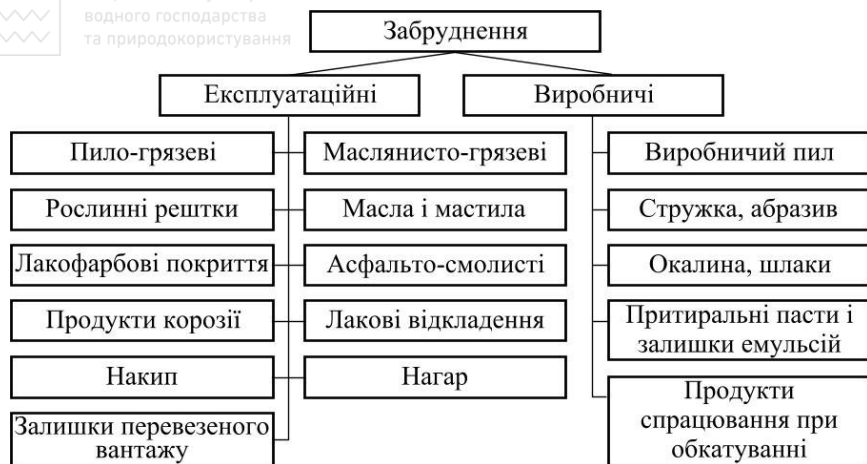


Рис. 4.1. Класифікація забруднень

Технологічний процес ремонту машин в майстерні починається з відділення зовнішнього миття. Можна виділити три рівні очищення, які відрізняються кількістю залишкових забруднень – макроочищення, мікроочищення та активаційне очищення.

В основі організації мийно-очисних робіт покладено принцип багатостадійності, який передбачає послідовне і ефективне видалення забруднень на стадіях:

- 1) зовнішнього миття машин і агрегатів;
- 2) миття і очищення вузлів та деталей після розбирання;
- 3) миття деталей у процесі ремонту і перед складанням.

Ремонтне виробництво характеризується великою номенклатурою деталей з різноманітними забрудненнями, на очищення яких розроблено багато способів і методів їх інтенсифікації (рис. 4.2).

На основі різних методів очищення розроблений типаж мийного обладнання, який враховує потреби всіх виробництв ремонтно-обслуговуючої бази. За конструкцією мийні машини поділяють на М – моніторні, С – струминні, З – заглибні, К – комбіновані, СЦ – спеціальні, АЛ – автоматичні лінії.

Моніторні машини виготовляють у трьох виконаннях: пересувні, стаціонарні, камерні. Струминні також у трьох виконаннях: камерні, глухі, камерні прохідні, камерні прохідні секційні. Заглибні – у двох виконаннях: глухі і прохідні.



Рис. 4.2. Процеси очищення і методи їх інтенсифікації

Для миття і очищення машин, їх агрегатів, вузлів та деталей у ремонтному виробництві застосовують велику кількість мийних препаратів (лугових, синтетичних, розчинно-емульсійних засобів, розчинників, розплавів солей та ін.). Мийна дія засобів полягає у видаленні рідинних і твердих забруднень поверхні і переведення їх у мийний розчин у вигляді розчинів або дисперсій. Основні елементи мийного розчину – змочування, емульгування, диспергування, піноутворення і стабілізація.

#### 4.4. Розбирання машин, агрегатів і вузлів

Розбиральні роботи визначають якість наступних ремонтних операцій. Трудомісткість розбиральних робіт в процесі капітального ремонту машин і агрегатів складає 10-15 % від загальної трудомісткості ремонту.

Розбиральні роботи складаються з основних і допоміжних операцій. Основні – операцій, які безпосередньо пов'язані з розбиран-



ням об'єкту ремонту. Допоміжні – переміщення, встановлення, закріплення об'єктів ремонту для наступного їх розбирання.

Загальне правило розбирання полягає в тому, що спочатку необхідно розбирати машину на агрегати і вузли, а потім кожний агрегат і вузол на деталі. Машину можна розбирати двома способами: послідовним (розбирається спочатку один агрегат, вузол, деталь, потім другий, третій і т.д.) або комбінованим (розбирають декілька вузлів одночасно).

Розбирання машин і агрегатів виконують у відповідності, передбаченою картами технологічного процесу їх розбирання. Спочатку знімають захисні частини і ті, які легко пошкодити (кожухи, капот, трубопроводи, шланги, деталі електрообладнання), а потім відокремлюють самостійні вузли і агрегати (радіатор, двигун, кабіну, коробку передач). Завершують розбирання повним вивільненням рам або корпусних деталей від прикріплених до них агрегатів, вузлів і деталей. Цей принцип розбирання використовують при визначенні порядку розбирання агрегатів і вузлів на деталі.

Процес розбирання машин і агрегатів може бути організований двома способами: на універсальних стаціонарних постах (стаціонарне розбирання) і на спеціалізованих рухомих постах поточної лінії (поточне розбирання).

При розбиранні машин не рекомендується знеособлювати несучі системи, основні вузли і базові деталі двигунів, коробки передач, кінцевих передач і задніх мостів. Взаємно припрацьовані або збалансовані деталі розкомплектовують тільки в тому разі, коли яка-небудь з них вийшла з ладу.

Технологічне обладнання та оснащення для розбиральних робіт включає пристрої для встановлення і закріплення складальних одиниць або базових деталей складальних одиниць, для їх переміщення і маніпулювання (рис. 4.3).

Незважаючи на різноманітність машин, агрегатів і вузлів, виконуваних під час розбирання технологічні операції значною мірою однотипні. До них належать: відкручування гайок, болтів і шпильок; знімання стопорних пристроїв і закріплених деталей; розпресовування деталей; знімання деталей, з'єднаних з зазором.

Розбирання і складання різьбових з'єднань виконують за допомогою ручного (ключі і викрутки) і механізованого (пневматичні, гідравлічні, електричні гайковерти) інструмента. Підбирають гай-

коверти за величиною крутного моменту необхідного для відкручування або закручування різьбового з'єднання.

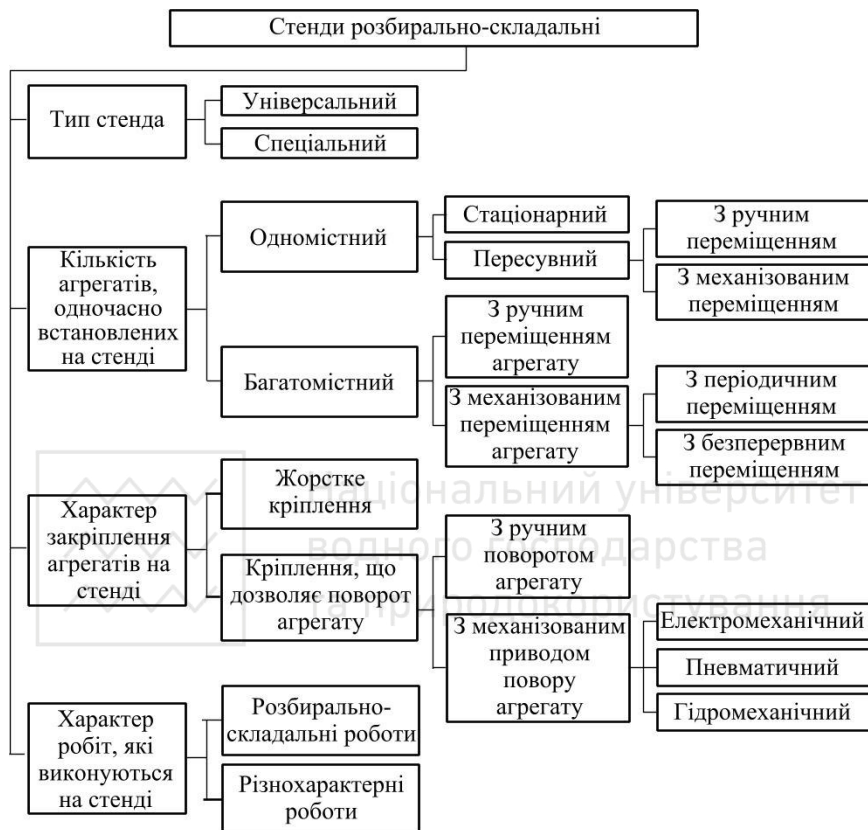


Рис. 4.3. Класифікація стендів розбирально-складальних

Для викручування і закручування шпильок застосовують ексцентрикові ключі, які виключають можливість пошкодження різьби.

Для запобігання самовідкручуванню відповідальних різьбових з'єднань, під час їх збирання доцільно застосовувати полімерні стабілізуючі композиції, контрити за допомогою шайб і затягувати динамометричним ключем.

З'єднання деталей з гарантованим натягом розбирають і збирають за допомогою ручних (рейкових, гвинтових і ексцентрикових) і приводних (пневматичних, гідравлічних) знімачів і пресів. В ремонтній практиці знайшли широке використання як універсальні стан-



дартні преси, так і спеціальні.

Заклепочні з'єднання розбирають висвердлюванням, зрубіванням заклепок або ж полум'ям газового пальника. Ставити заклепки можна за допомогою оправки і пневматичного молотка, або за допомогою гідравлічних лещат.

Масляні і паливні трубопроводи знімають так, щоб не погнути. Капіляри дистанційних приладів не повинні вигинатися радіусом менше 50 мм.

Отвори для входу і виходу масла і палива у вузлах гідросистеми і паливної апаратури після зняття їх з машини повинні бути закриті пробками.

#### **4.5. Контроль (дефектування), сортування деталей і спряжень**

Після розбирання машини очищені, знежирені і вимиті деталі (спряження) надходять у відділення контролю (дефектування) і сортування.

Дефектування – це контроль технічного стану деталей та визначення придатності їх для подальшого використання. За останній час з метою виявлення некондиційних запасних частин проводять їх вхідний контроль, який забезпечує підвищення післяремонтного ресурсу машин на 20-30 %.

Відділення дефектування повинно бути ізольоване від решти приміщень, а проходи повинні вести в розбирально-мийне і комплектувальне відділення і мати проїзд для транспортування деталей. Інколи відділення дефектування і комплектування розміщують в одному приміщенні. В інших випадках їх розділяють сіткою, або перегородкою і з'єднують рольгангом, конвеєром або транспортером.

Для підвищення якості дефектування деталі доцільно розділяти за окремими постами (робочими місцями):

Пост 1. Дефектування громіздких деталей: картерів головного зчеплення, блоків циліндрів, головок блоків циліндрів, колінчастих валів, маховиків.

Пост 2. Дефектування водяних насосів, фільтрів, вентиляторів, муфт зчеплення, шатунів, поршнів.

Пост 3. дефектування деталей пускових двигунів і редукторів пускових двигунів.



Пост 4. Дефектування підшипників кочення, пружин та інших деталей.

Пост 5. Дефектування кріпильних деталей.

Основна мета контролю і сортування (дефектування) – визначити технічний стан деталей і розсортувати їх на відповідні групи:

- 1) цілком придатні (колір маркування – зелений);
- 2) придатні тільки в спраженнях з новими або відновленими до нормальних розмірів деталями (жовтий);
- 3) такі, що підлягають ремонту на даному ремонтному підприємстві (білий);
- 4) такі, що підлягають ремонту тільки на спеціалізованому ремонтному підприємстві (синій);
- 5) непридатні – утиль (червоний).

При дефектуванні застосовують такі основні методи: зовнішній огляд, постукування або випробування вручну, опресування, вимірювання величини спрацювання або зазору стандартним вимірювальним інструментом або за допомогою спеціальних пристроїв, фізичних методів контролю.

Контроль деталей починають з їх зовнішнього огляду, при якому визначають такі дефекти, як тріщини, пробіїни, задирки, обломи, явне механічне і корозійне спрацювання.

В процесі контролю геометричних параметрів визначають точність розмірів, форми деталей і взаємного розміщення їх несучих поверхонь. Для контролю точності розмірів і форми використовують різні універсальні вимірювальні інструменти (штангенциркулі, мікрометри, індикаторні нутромери, глибиноміри та ін.). Биття поверхонь циліндричних деталей перевіряють на призмах або центрах індикаторними пристроями. Відстань між несучими поверхнями, осями отворів, їх відхилення від паралельності і перпендикулярності визначають на перевірочних плитах за допомогою призм та індикаторних штативів.

Для оцінки точності взаємного розміщення несучих поверхонь деталей, які мають складну конфігурацію, великі розміри і масу, широко використовують спеціальні нестандартизовані пристрої.

Для виявлення внутрішніх тріщин, раковин та інших прихованих дефектів застосовують дефектоскопію. Магнітною дефектоскопією виявляють в деталях пошкодження за допомогою феромагнітних частинок, які розсіваються над дефектами в магнітних полях, ульт-





развуковою – на властивості ультразвуку проходити крізь металеві вироби і відбиватися від прихованих у них дефектів, а люмінесцентною – на здатності певних речовин скупчуватися у місцях розміщення дефектів і світитися під дією ультрафіолетових променів.

Головки і блоки циліндрів, радіатори і ряд інших деталей машин піддають гідравлічним і рідше пневматичним випробуванням на герметичність.

Дефектування підшипників полягає у огляді, перевірці шумності і легкості обертання, вимірюванні радіального зазору і розмірів кілець.

Стан робочих поверхонь зубів шестерень контролюють зовнішнім оглядом, а величину спрацювання зубів, посадочних місць, пазів – вимірюванням.

Стан пружин перевіряють оглядом і вимірюванням навантаження (пружності) при стисканні її до робочої висоти.

При ремонті сальники і ущільнювальні прокладки в більшості випадків повністю замінюють новими.

Болти, шпильки, гайки і різьбу отворів під деталі кріплення перевіряють зовнішнім оглядом, закручуванням вручну нової гайки або болта, а також різьбоміром або різьбовим калібром.

Стопорні і пружинні шайби, які були у використанні, можуть повторно використовуватися тільки в тому випадку, якщо вони не мають тріщин і надривів в місцях перегинання і не втратили своєї пружності, яка характеризується величиною розводу кінців шайби.

Трубопроводи, шланги перевіряють оглядом. У сумнівних випадках їх перевіряють на герметичність під тиском у водяній ванні (на відсутність бульбашок повітря). Допускаються незначні вм'ятини і згини трубопроводів.

Привідні ланцюги контролюють зовнішнім оглядом і вимірюванням її довжини. Огляду підлягають всі ланцюги, незалежно від тривалості їхнього використання.

Під час ремонту дефектують не тільки окремі деталі, але і технологічні комплекти, а інколи складені вузли або агрегати.

Прикладами технологічних комплектів може бути головка циліндрів в зборі з направляючими втулками клапанів, блок циліндрів в зборі. Такі комплекти не мають каталожного номера, але їх можна повністю продефектувати без подальшого розбирання на деталі і, якщо вони відповідають технічним умовам, відправляти на скла-

Такі вузли, як масляний і паливний насоси, форсунки, вузли гідросистеми, після зовнішнього миття направляють в зібраному вигляді на робочі місця для випробування і лише після цього дають заключення про необхідність розбирання і дефектування.

Технічний стан виявляють порівнянням фактичних показників з даними технічної документації, де наведені нормальні, допустимі і граничні величини розмірів деталей, зазорів і натягів спряжень. Інколи в технічній документації поряд з нормальними розмірами наведено ремонтні розміри деталей.

На основі зовнішнього огляду, відомостей про приховані дефекти, мікрометражу і випробування деталей у відповідності з технічними умовами на контроль і сортування визначають, до якої групи треба віднести кожну деталь і яким кольором її позначити. Результати контролю і сортування по кожній назві деталі і спряжень заносять у відомості дефектування.

#### 4.6. Ремонт, відновлення деталей і спряжень на підприємстві

На ремонтних підприємствах застосовують як подефектну технологію ремонту, так і маршрутну технологію.

Суть подефектної технології полягає в тому, що для усунення ряду дефектів однієї деталі, на кожний дефект окремо складається свій технологічний процес. Партії деталей в процесі ремонту розбивають на окремі групи, які потребують виконання операцій в різних виробничих відділеннях (рис. 4.4).

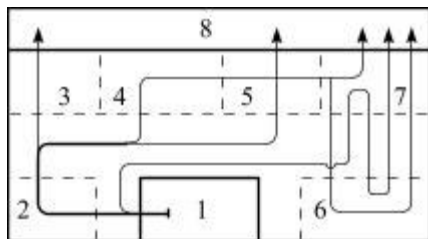


Рис. 4.4. Схема руху окремих груп деталей на виробничих відділеннях при подефектній технології: 1 – склад деталей, які очікують ремонту; 2-7 – виробничі відділення ремонту деталей; 8 – відділення комплектування

Суть маршрутної технології полягає в комплектуванні партії деталей не тільки за однією назвою, а за наявністю в них однакових комбінацій дефектів. Партія деталей з певним поєднанням дефектів становить окремий маршрут, якому властивий певний комплексний технологічний процес усунення цих дефектів (рис. 4.5). Наприклад,



якщо для усунення дефектів, що входять у склад маршруту, необхідне виконання наплавлювальних, слюсарно-механічних і гальванічних операцій, то в маршрутній технології повинно бути передбачено спочатку виконання наплавлювальних операцій за всіма дефектами, потім слюсарно-механічних і в завершенні гальванічних. Необхідно підкреслити, що за маршрутною технологією для всіх деталей, які ремонтуються за визначеним маршрутом, послідовність операцій єдина.

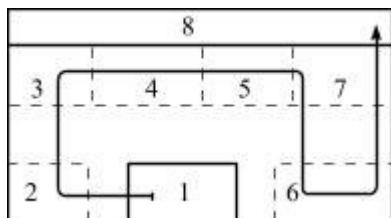


Рис. 4.5. Схема руху партії деталей одного маршруту виробничими відділеннями за маршрутною технологією: 1 – склад деталей, які очікують ремонту; 2-7 – виробничі відділення ремонту деталей; 8 – відділення комплектування

Досконалішою формою технології ремонту є маршрутно-групова. Технологічний процес ремонту розбивають на групу подібних деталей кількох найменувань, які характеризуються однорідністю прийомів їх відновлення і геометрією оброблюваних поверхонь. Всі деталі попередньо розбивають на класи і групи.

Підвищити якість і продуктивність ремонту вузлів, агрегатів можна за рахунок застосування ремонтних комплектів. Комплект може поставлятися як група окремих деталей, або як складальний елемент, де група деталей складена в загальну структуру (рис. 4.6).



Рис. 4.6. Класифікаційна схема формування ремонтного комплекту



Формують комплекти на основі системного підходу. Вивчають конфігурацію виробу, характеру спрацювань, причини відмов деталей при експлуатації, технологію ремонту і т.д. Ремонтні комплекти умовно можна поділити на три групи:

1. Комплекти, які складені методом селекції на розмірні групи з двох складальних одиниць (наприклад, шатун – поршневий палець). Ці комплекти повинні бути згруповані для кожного двигуна за масою.

2. Комплекти, які складені з відновлених деталей і згруповані за принципом загального охоплення деталей, що сортуються за розміром і масою (наприклад, шатунно-поршнева група, яка включає шатун – поршневий палець – поршень – гільзу.

3. Комплекти, які згруповані за принципом всього зібраного механізму для забезпечення точного взаємного розміщення осей і поверхонь деталей (наприклад, двигун).

Наведемо перелік основних типових деталей машин і рекомендації як за способами їх усунення, так і за типом відповідного виробництва (табл. 4.2). В таблиці відображені три типи виробництва: 1 – спеціалізовані виробництва з відновлення спрацьованих деталей; 2 – невеликі цехи або дільниці, які створюються при достатньо великих ремонтних підприємствах широкого профілю; 3 – дільниці і пости відновлення деталей при ремонтно-технічних підприємствах масштабу майстерень господарств.

Таблиця 4.2

Основні способи відновлення (на прикладі двигунів)

Найменування типових деталей	Дефект	Рекомендовані типи виробництва			Способи усунення дефектів (шифр див. табл. 4.3)
		1	2	3	
1	2	3	4	5	6
Блок циліндрів	Спрацювання посадочних місць	+	-	-	2, 3
	Тріщини, пробійни в стінках водяної сорочки: до 250 мм до 100 мм	+	-	-	2, 3, 9, 14
		-	+	-	4, 5, 6
	Жолоблення	+	-	-	2
	Пошкодження шпильок, обрив	-	+	+	1, 4, 5, 17



1	2	3	4	5	6
Блок циліндрів	Корозія, спрацювання нижнього пояса	-	+	-	1, 9, 17
Головка циліндрів	Спрацювання, жолоблення площини прилягання	+	-	-	2, 9
	Спрацювання фасок клапанних гнізд	+	-	-	6, 17
	Спрацювання фаски в межах ремонтного розміру	-	+	-	1, 2
	Тріщини в перемичках	+	+	-	5
	Інші дефекти	-	+	+	1, 3, 5
Гільзи	Спрацювання внутрішньої поверхні	+	-	-	2, 8
	Спрацювання посадочних поясків і буртика	+	-	-	15, 16
	Інші дефекти	-	+	+	1, 3, 7, 9
Шатуни	Спрацювання верхньої і нижньої головок	+	-	-	2, 8
	Скручування і згин	+	-	-	8
	Інші дефекти	-	+	+	3, 4
Поршневі пальці	Спрацювання робочої поверхні	+	-	-	2, 8
Колінчасті вали	Спрацювання шийок	+	-	-	6, 11, 13
	Жолоблення і згин	+	-	-	8
	Тріщини	+	-	-	5
	Інші дефекти	+	-	+	1, 3, 5
Розподі- льні вали	Згин, скручування	+	-	-	8
	Спрацювання кулачків	+	-	-	10, 13, 16
	Спрацювання опорних поверхонь	+	-	-	11, 12, 16
	Інші дефекти	-	-	+	1, 3, 5, 9
Деталі па- ливної апаратури	Спрацювання робочих поверхонь	+	-	+	2, 7, 14
	Інші дефекти	+	-	+	8, 12, 18



Інформатор способів усунення дефектів деталей

Шифр	Основні способи усунення дефектів
1	Механічна обробка з застосуванням універсального обладнання
2	Механічна обробка з застосуванням високоточних верстатів
3	Ремонтні розміри
4	Способи, які вимагають високої кваліфікації робітника
5	Ручне зварювання і наплавлення
6	Автоматичне і напіваавтоматичне наплавлення під шаром флюсу і в середовищі газів спеціальними електродами
7	Гальванічні
8	Пластичне деформування
9	Полімерні матеріали
10	Лазерне наплавлення і зміцнення
11	Газополуменеве напилення і напіваавтоматичне наплавлення
12	Плазмове наплавлення і напилення
13	Детонаційне напилення
14	Високотемпературне наплавлення
15	Металізація
16	Контактне приварювання матеріалів
17	Встановлення ремонтних деталей
18	Зміцнювальні технології

#### **4.7. Комплектування, балансування, складання, обкатування, випробовування машин і обладнання**

Комплектування проводять на робочих місцях комплектувально-го відділення, в якому виконують наступні роботи:

- підбір комплекту деталей відповідно відомості;
- контроль і підбір деталей за ремонтними і допустимими розмірами та за розмірними групами;
- зняття задирок, прогонка різьби на кріпильних деталях і їх сортування;



- загальна перевірка стану деталей, які поступають в комплектувальне відділення;
- облік руху деталей через комплектувальне відділення.

Практика роботи ряду передових ремонтних підприємств показує, комплектувати деталі краще не за агрегатами, а за вузлами. В цьому випадку при порушенні комплектності одних вузлів можна комплектувати і складати без затримки інші вузли.

Комплектувальні відділення обладнують стелажми з комірками для укладання деталей, кран-балками та підйомно-транспортними засобами (рольгангами, тельферами, спеціальними візками та ін).

Під час обертання багатьох деталей (маховиків, колінчастих і карданних валів, дисків зчеплення та ін.) можуть виникати незрівноважені відцентрові сили, які призводять до появи вібрації, прискорюють їх спрацювання і вихід з ладу. Балансування (зрівноваження) таких деталей дозволяє підвищити надійність і довговічність роботи машин в цілому.

Застосовують два види балансування – статичне і динамічне. Під час статичного балансування визначають величину і розміщення додаткової маси, щоб центр ваги зрівноваженої деталі співпав з віссю її обертання. Такий спосіб балансування застосовують для деталей, які мають відносно великі діаметри з незначною довжиною.

Розглянемо статичне балансування деталі 1, встановленої на оправку 2, яка опирається на горизонтальні призми 3 (рис. 4.7, а). Під дією незрівноваженої маси  $m$  деталь повернеться і займе положення при якому незрівноважена маса буде знаходитися в крайньому нижньому положенні (рис. 4.7, б).

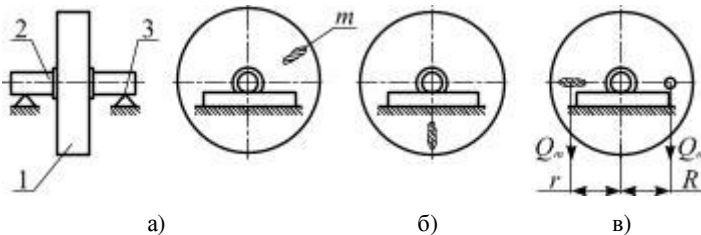


Рис. 4.7. Схема статичного балансування (зрівноваження) деталі: 1 – деталь, яку балансують; 2 – оправка; 3 – призма

Для зрівноваження такої деталі необхідно прикріпити вантаж 4, розмістивши його з діаметрально протилежної сторони відносно неврівноваженої маси (рис. 4.7, в). Внаслідок цього моменти сил



ваги незрівноваженої маси  $Q_m$  і зрівноваженого вантажу  $Q_в$  відносно осі обертання деталі повинні бути рівні

$$Q_m \cdot r = Q_в \cdot R, \quad (4.1)$$

де  $r$  і  $R$  – відповідно відстань центрів ваги незрівноваженої і зрівноваженої маси відносно осі обертання деталі.

Для зрівноваження обертових деталей, довжина яких значно перевищує діаметр застосовують динамічне балансування. Розглянемо вал з незрівноваженою масою  $m$ , яка після статичного балансування зрівноважена вантажем  $Q_в$  (рис. 4.8, а).

Під час обертання вала виникають дві протилежно направлені відцентрові сили  $F_1, F_2$  (рис. 4.8, б). Сили  $F_1=F_2$ , що знаходяться на відстані  $L$  утворюють момент, рівний  $F_1L$ , який викликає динамічне незрівноваження вала. Для створення протидіючого моменту необхідно прикласти до вала дві маси  $m_1$  і  $m_2$  на відстані  $l$ , які під час обертання вала створять момент пари сил  $P_1l$ , рівний за величиною і протилежний за напрямком моменту  $F_1L$ .

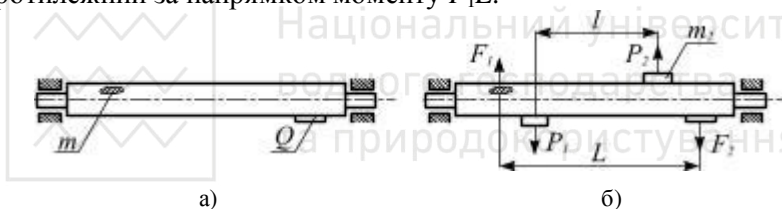


Рис. 4.8. Схема динамічного зрівноваження деталі

Складання після ремонту здійснюється у відповідності з типовою технологією складання підгруп, вузлів, агрегатів і машин відповідних марок. Окремі деталі, точне взаємне розташування яких не забезпечується під час виготовлення або ремонту, необхідно додатково обробляти у складеному вигляді. Деталі, невзаємозамінні за умовами виготовлення, припрацювання або ремонту, складають не розкомплектованими парами за відповідними мітками, нанесеними під час виготовлення, розбирання або ремонту. Самостійні вузли і агрегати (двигуни, коробки передач, задні мости, паливна апаратура, електрообладнання та ін.) до загального складання машини повинні пройти обкатування і випробування.

Загальне складання машини виконують на наступних робочих місцях лінії складання:

- 1) складання трансмісії (задній міст, бортові передачі, коробка





передач) з агрегатів, вузлів і їх обкатування;

- 2) встановлення і центрування двигуна;
- 3) встановлення карданного вала, регулювання вузлів;
- 4) встановлення вузлів і регулювання механізмів ходової частини;
- 5) встановлення радіаторів, баків, облицювання;
- 6) встановлення механізмів навіски;
- 7) обкатування машини.

Серед заходів, направлених на підвищення ресурсу відновлених машин, важливе місце займає їх обкатування. Мета обкатування – забезпечити припрацювання поверхонь деталей, остаточно перевірити і відрегулювати роботу механізмів та всієї машини.

Двигуни обкатують без навантаження і з навантаженням, а агрегати шасі і машину, як правило, без навантаження.

Двигуни у складеному вигляді обкатують, а потім випробовують на стенді з поточно-циркуляційною системою мащення. Спочатку проводять холодне (з виключеною і включеною компресією), а потім гаряче обкатування.

Тривалість холодної обкатки залежить від марки двигуна і якості тертьових поверхонь деталей. Температура нагрівання води в системі охолодження при цьому не повинна перевищувати 50 °С. Під час холодної обкатування прослуховують двигун з метою виявлення сторонніх стуків і шумів, перевіряють на дотик нагрівання поверхонь в місцях інтенсивного тертя, усувають підтікання масла, води, палива та інших несправностей.

При гарячому обкатуванні перевіряють роботу двигуна з послідовним збільшенням навантаження. В процесі обкатування двигуна перевіряють максимальну і мінімальну стабільність обертів колінчастого вала, тиск масла в системі мащення, температуру води. Не допускаються перегрів тертьових деталей, підтікання палива і води в з'єднаннях деталей, підсмоктування повітря в місцях кріплення впускних труб і пропускання газів в з'єднаннях випускних труб і через прокладку головки циліндрів. Ненормальні шум і стуки в механізмах двигуна не допускаються.

В разі необхідності усунення виявлених в процесі обкатування двигуна дефектів, пов'язаних із заміною блок-картера, колінчастого вала, гільзи або поршня, необхідно провести повне обкатування.

Після обкатування двигуни випробовують для перевірки основ-



них техніко-економічних показників (номінальна потужність, крутний момент, питома і годинна витрата палива) технічним вимогам. Якщо двигун не розвиває номінальної потужності і питомої витрати палива, його повторно ремонтують.

Для оцінки якості випущеної продукції встановлені наступні види стендових випробовувань двигунів:

- 1) приймально-здавальні випробування проводять з метою контролю якості ремонту або виготовлення, складання і регулювання двигунів серійного виробництва;
- 2) періодичні короткотривалі випробування проводять для перевірки відповідності основних показників роботи двигуна технічним вимогам;
- 3) періодичні довготривалі випробування проводять з метою контролю стабільності основних показників і надійності двигуна в стендових умовах (для визначення гарантійного терміну служби).

Після обкатування і випробування виконують контрольний огляд двигуна вибірково на одному із десяти двигунів, які без зауважень пройшли обкатування і випробування, а також двигунам, при обкатуванні і випробуванні яких виявлені несправності, що неможливо усунути без розбирання. У процесі контрольного огляду перевіряють технічний стан гільз циліндрів, вкладишів корінних і шатунних підшипників, шийок колінчастого вала.

Обкатування і випробування агрегатів силової передачі (коробок передач, редукторів, задніх мостів та ін.) виконують на спеціальних стендах.

Розрізняють два методи обкатування: за розімкненому і замкненому контурам.

При розімкненому контурі, розвинута привідним двигуном потужність, проходить через вузли і агрегати, які обкатуються і переводиться в теплову енергію в гальмівних (навантажувальних) пристроях (рис. 4.9).

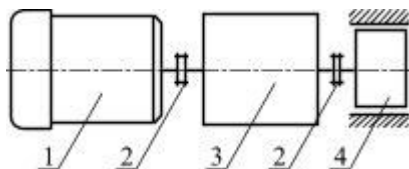


Рис. 4.9. Схема стенда з розімкненим методом навантаження: 1 – електродвигун; 2 – з'єднувальна муфта; 3 – об'єкт обкатування; 4 – навантажувальний пристрій

Сутність замкненого методу навантаження полягає в тому, що об'єкт випробування включається в замкнений контур, в якому безперервно циркулює потужність.

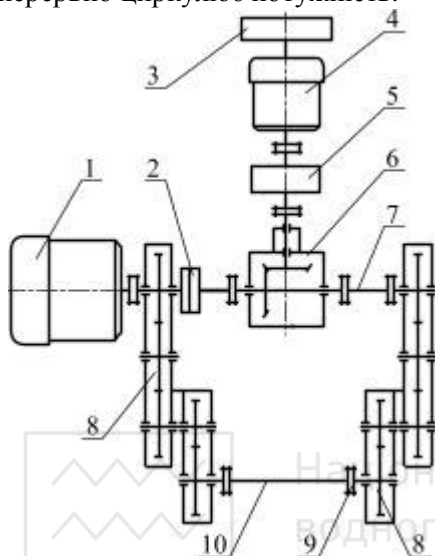


Рис. 4.10. Схема стэнда з замкненим методом навантаження: 1, 4 – електродвигун; 2 – гідралічний навантажувач; 3 – випрямляч; 5 – дебалансний механічний імпульсатор; 6 – конічний редуктор; 7 – з'єднувальний вал; 8 – об'єкт обкатування (редуктор); 9 – з'єднувальна муфта; 10 – торсіонний вал

змінний крутний момент.

В процесі обкатування трансмісії перевіряють:

- відсутність підтікань масла (підтікання масла через кришки, пробки, ущільнення і стінки картерів не допускається);
- плавність включення і переключення передачі (заїдання, заклинювання і самовиключення передач не допускається);
- роботу шестерень (робота шестерні повинна бути плавною, з рівномірним шумом, стуки не допускаються);
- нагрівання деталей і окремих місць картерів (нагрівання, при якому неможливо утримати руку на нагрітих місцях не допускається).

Відремонтовану машину у зібраному вигляді обкатують як на

Силовий контур стэнда (рис. 4.10) включає випробувальний редуктор 8, вал 7, торсіонний вал 10, з'єднувальні муфти 9. Навантажувачем 2 забезпечується закручування торсіонного вала 10 і вала 7, навантажуючи тим самим зубчасті зачеплення редукторів. Вали замкненого силового контуру стэнда приводяться в дію електродвигуном 1.

Крім того, конічним редуктором 5 силовий контур стэнда з'єднується з дебалансним механічним імпульсатором 5, що приводиться електродвигуном постійного струму 4, частота обертання вала якого регулюється випрямлячем 3. Імпульсатор створює в силовому контурі стэнда

стенді (рис. 4.11), так і на ходу. В процесі стендового обкатування перевіряють:

1. Роботу двигуна (робота двигуна при довільній частоті обертання колінчастого вала повинна бути стійкою, перегрівання двигуна і зниження тиску масла в системі мащення не допускається);
- роботу контрольних приладів (покази контрольних приладів повинні бути чіткими, похитування стрілок не допускається);
- роботу зчеплення (зчеплення повинно працювати надійно, без пробуксовування і повністю відключати коробку передач від двигуна);
- роботу коробки передач (переключення рядів повинно бути легким, без заїдань);
- роботу інших вузлів і агрегатів (підвищений стук шестерень, підтікання води, палива і масла в місцях з'єднання деталей не допускається).

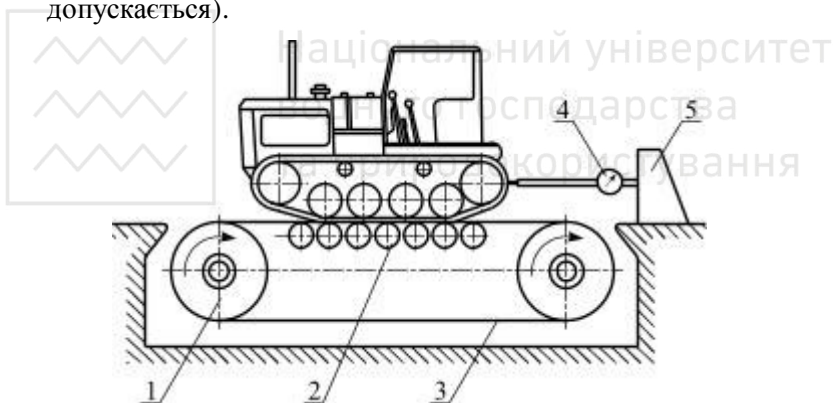


Рис. 4.11. Схема стенда для обкатування гусеничних тракторів: 1 – привідна зірочка; 2 – підтримуючі ролики гусениці; 3 – гусениця; 4 – динамометр; 5 – нерухомий упор

Після стендового обкатування машина повинна пройти обкатування і випробування на ходу (протягом 30 хв.) на кожній передачі прямого ходу, одній з передач заднього ходу і на двох довільних передачах ходозменшувача.

В процесі обкатування на ходу перевіряють роботу всіх вузлів і механізмів, легкість переключення передач, включення і виключення валу відбору потужності, чистоту включення муфти зчеплення, покази контрольних приладів, надійність електрообладнання, робо-



ту гальм і механізму керування, відсутність заїдань, сторонніх стуків і нагрівань.

При виявленні несправностей і заміні одного з агрегатів (двигуна, коробки передач, роздавальної коробки, ведучого моста) машини повторно обкатують за повним режимом.

#### **4.8. Фарбування машин і обладнання**

Заключною операцією технологічного процесу капітального ремонту є нанесення захисних покриттів на поверхні об'єктів ремонту. Фарбуванню підлягає не тільки зібрана машина, але також її агрегати, вузли і певні деталі.

До основних видів готових лакофарбових матеріалів відносять: лак, фарба, порошкова фарба, емаль та ін.

Основними компонентами лакофарбових матеріалів є плівкоутворювальні речовини, розчинники, пігменти, наповнювачі та ін.

Плівкоутворювальні речовини сприяють склеюванню частинок пігментів і наповнювачів і створенню тонкої плівки на поверхні об'єкта ремонту.

Розчинники – рідини, які застосовують для розведення лакофарбових матеріалів до стану, придатного для нанесення на поверхню об'єкта ремонту.

Пігменти – тонкоподрібнені кольорові неорганічні речовини, нерозчинні у воді, розчинниках і плівкоутворювальних речовинах, які надають відповідне забарвлення лакофарбового матеріалу.

Пластифікатори – речовини, які вводяться в лакофарбові матеріали для підвищення еластичності покриттів.

Сикативи – речовини, які прискорюють процес висихання лакофарбового матеріалу.

Наповнювачі – порошкоподібні неорганічні речовини, які вводяться в лакофарбові матеріали для збільшення міцності і здешевлення вартості покриттів.

Розріджувачі – речовини, які застосовуються для розрідження лакофарбових матеріалів (для доведення необхідної в'язкості).

Технологічний процес фарбування включає наступні етапи: підготовка поверхні перед фарбуванням, ґрунтування, шпаклювання, нанесення лакофарбових покриттів, сушіння і остаточне доведення.

Поверхня, які підлягає фарбуванню, повинна бути очищена від іржі, окалини, старої фарби із слідами руйнування і ретельно зне-



жирена.

Процес підготовки здійснюють механічними (шліфування, струминна обробка піском та ін.) і хімічними способами (застосування лужних розчинів каустичної соди, перетворювачів іржі, спеціальних змивачів старої фарби).

Надійний антикорозійний шар і висока міцність зчеплення лакофарбового матеріалу досягається шляхом нанесення на попередньо підготовлену поверхню ґрунтовки.

Для ґрунтування виробів з чорних металів, які експлуатуються у важких атмосферних умовах, застосовують фосфатуючі ґрунтовки, а для отримання покриттів, стійких до атмосферних умов з підвищеною температурою і вологістю – фенольно-формальдегідні.

Згладжування шорсткостей ґрунтованої поверхні і вирівнювання незначних відхилень її форми забезпечується шпаклюванням густими пастоподібними масами. Шпаклівку наносять на поверхню спеціальним інструментом (шпателем) або розпиленням. Не рекомендується наносити шпаклівку товстим шаром (товщина всіх шарів не повинна перевищувати 0,5-2 мм), оскільки вона значно знижує механічну міцність покриття.

Кожний шар нанесеної шпаклівки просушується в умовах, передбачених технічними вимогами на застосований матеріал. Після висихання кожного шару покриття шліфують сухим або мокрим способом для згладжування нерівностей за допомогою шліфувальних шкур. Шліфування поверхні можна здійснювати вручну або за допомогою спеціальних шліфувальних машинок.

В якості лакофарбових покриттів найчастіше застосовують нитроемалі і синтетичні емалі.

Існує декілька способів нанесення лакофарбових матеріалів: ручний за допомогою пензля; зануренням у ванну; струминне розпилення (повітряне і безповітряне); фарбування в електричному полі високої напруги та ін.

Завершальною стадією забезпечення якості і довговічності нанесеного шару фарби є сушіння матеріалу. За характером висихання і утворення плівки лакофарбові матеріали діляться на матеріали, які утворюють розчинну плівку (нітроцелюлозі лаки та емалі, спиртові лаки) і нерозчинну (масляні лаки та емалі, алкідні). В ремонтній практиці переважне застосування набули лакофарбові матеріали, які утворюють нерозчинну плівку.



Процес сушіння лакофарбового матеріалу може відбуватися природним шляхом за нормальної температури повітря (20-30 °С) та штучним з підвищеною температурою (110-130 °С). Широке розповсюдження отримали способи штучного сушіння циркулюючим гарячим повітрям (конвекційне) та інфрачервоними променями (терморадіаційне).

Суть способу конвекційного сушіння полягає у контактному передаванні теплоти від циркулюючого гарячого повітря до поверхневого покриття лакофарбового матеріалу (рис. 4.12, а). На поверхні утворюється тонка плівка, яка утруднює подальше випаровування розчинників з нижніх шарів лакофарбового матеріалу.

При терморадіаційному способі відбувається передавання променевої енергії і поглинення інфрачервоних променів плівкою і пофарбованим об'єктом (рис. 4.12, б). процес сушіння відбувається знизу від металевої поверхні вгору, забезпечуючи кращу міцність покриття.

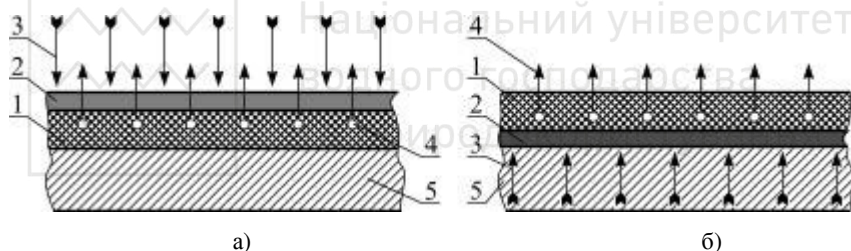


Рис. 4.12. Схема конвекційного (а) і терморадіаційного (б) способів сушіння лакофарбових матеріалів: 1 – шар фарби; 2 – тверда плівка; 3 – потік тепла; 4 – вихід парів розчинника; 5 – виріб

Широко використовують поєднання способів штучного сушіння. Спочатку застосовують терморадіаційне нагрівання, а завершують процес конвенційним нагріванням.

### Контрольні запитання

1. Який порядок приймання машин та їх агрегатів в ремонт?
2. Навіщо проводять миття об'єктів під час їх ремонту?
3. Опишіть технологічний процес і способи розбирання машини.
4. Які завдання вирішуються під час дефектування деталей?
5. Яке призначення ремонтних комплектів? Які є групи комплектів?
6. Розкрийте суть процесу комплектування деталей?
7. Назвіть види балансування деталей і вузлів?
8. Опишіть загальний процес складання машини.
9. Які особливості обкатування і випробування агрегатів силової передачі?



### 5.1. Склад ремонтного підприємства та його компонування

Склад підприємства залежить від його призначення, ступеня спеціалізації і виробничої потужності. У практиці планування ремонтних підприємств використовують три основні схеми виробничого процесу: прямий потік (рис. 5.1); Г-подібний потік (рис. 5.2, а); П-подібний потік (рис. 5.2, б).

Схема потоку обумовлює певне компонування цехів і відділень у виробничому приміщенні.

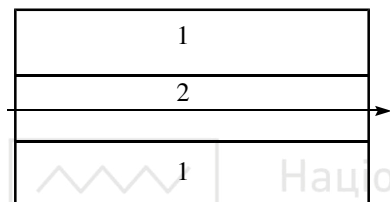
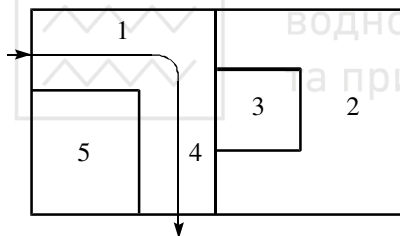
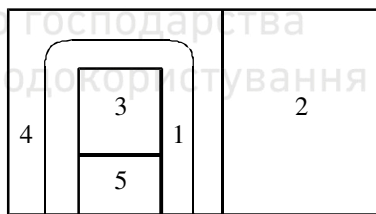


Рис. 5.1. Схема компонування виробничих відділень з прямим потоком: 1 – допоміжні виробничі відділення; 2 – відділення розбирання, складання, обкатування і фарбування машин



а)



б)

Рис. 5.2. Схеми компонування виробничих відділень з Г-подібним (а) і П-подібним потоками (б): 1 – розбирально-мийне відділення; 2 – відділення відновлення деталей; 3 – відділення ремонту двигунів і агрегатів; 4 – відділення складання машин; 5 – відділення ремонту кузовів і кабін

Технологічну частину цехів і відділень проектують у такій послідовності:

- 1) визначають вихідні дані ремонту машин;
- 2) розробляють схему технологічного процесу;
- 3) визначають річну трудомісткість робіт;
- 4) визначають режим роботи і фонди часу робітників і обладнання;
- 5) розраховують склад працівників;
- 6) розраховують і підбирають технологічне обладнання;





- 7) виконують загальне компонування виробничого корпусу;
- 8) проводять енергетичні розрахунки.

## 5.2. Планування завантаження ремонтних підприємств

Ритмічна робота ремонтних підприємств залежить від чіткого планування завантаження. У практиці застосовують два способи планування ремонтів: сезонний (осінньо-зимовий) і за цілорічним графіком. Останній спосіб дозволяє господарствам вчасно ремонтувати машини і рівномірно завантажувати ремонтні підприємства.

Вихідними даними для складання річного плану ремонту машин повинні бути:

- 1) наявний машинно-тракторний парк;
- 2) планове річне завантаження машини;
- 3) напрацювання машини від останнього капітального або поточного ремонту до початку періоду, який планується;
- 4) вимоги до планування ремонтів.

Кількість капітальних ремонтів ( $N_{кр}$ ) окремо для кожної машини визначають за формулою

$$N_{кр} = \frac{H_{\phi} + H_{нл}}{\Pi_{кр}}, \quad (5.1)$$

де  $H_{\phi}$  – фактичне напрацювання машини на початок планового року з часу проведення останнього капітального ремонту;

$H_{нл}$  – планове напрацювання машини на розрахунковий рік;

$\Pi_{кр}$  – періодичність проведення капітального ремонту.

Кількість поточних ремонтів ( $N_{пр}$ ) окремо для кожної машини визначають за формулою

$$N_{пр} = \frac{H_{\phi.пр} + H_{нл}}{\Pi_{пр}} - N_{кр}, \quad (5.2)$$

де  $H_{\phi.пр}$  – фактичне напрацювання машини на початок планового року з часу проведення останнього поточного ремонту;

$\Pi_{пр}$  – періодичність проведення поточного ремонту.

Для наочного сприйняття завантаження ремонтного підприємства застосовують графічний метод планування. На графіку зображують розподіл трудомісткості робіт або кількості ремонтів машин за місяцями.

Найважливішим показником досконалості виробничого процесу

на ремонтному підприємстві є виробничий цикл, тобто тривалість перебування об'єктів у ремонті.

Тривалість виробничого циклу ремонту складних об'єктів залежить від характеру виконуваних операцій (послідовних або послідовно-паралельних). Його визначають розрахунковим або графічним способами.

При послідовному сполученні операцій тривалість виробничого циклу розраховується за формулою

$$П_{noc} = \frac{1}{\alpha} \left( \frac{T_1}{P_1} + \frac{T_2}{P_2} + \dots + \frac{T_n}{P_n} \right) + П_{м.н}, \text{ год.} \quad (5.3)$$

де  $T_1, T_2, \dots, T_n$  – трудомісткість ремонтних операцій, які виконуються на робочих місцях послідовно, люд-год.;

$P_1, P_2, \dots, P_n$  – кількість робітників, які виконують послідовні операції на відповідних робочих місцях;

$П_{м.н}$  – міждоопераційний час, час на природні і режимні процеси та на оформлення документів, год.;

$\alpha$  – коефіцієнт перевиконання норм.

При послідовно-паралельному сполученні операцій формула набирає такий вигляд

$$П_{n-n} = \frac{K_n}{\alpha} \left( \frac{T_{o1}}{P_{o1}} + \frac{T_{o2}}{P_{o2}} + \dots + \frac{T_{on}}{P_{on}} \right) + П_{м.н}, \text{ год.} \quad (5.4)$$

де  $K_n$  – коефіцієнт, який враховує паралельність виконання робіт під час ремонту об'єктів;

$T_{o1}, T_{o2}, \dots, T_{on}$  – загальна трудомісткість робіт під час ремонту окремих конструктивних елементів, операції яких виконуються паралельно і послідовно на різних робочих місцях, люд-год.;

$P_{o1}, P_{o2}, \dots, P_{on}$  – загальна кількість робітників, зайнятих на виконанні операцій на відповідних робочих місцях.

Графічний спосіб визначення тривалості виробничого циклу простий і наочний. Користуючись цим способом, на кожний складний об'єкт (машина, двигун або інший агрегат) складають графік узгодження технологічних операцій, за яким визначають тривалість виробничого циклу, розподіл і завантаженість робітників на робочих місцях, тривалість технологічних операцій (рис. 5.3).



Рис. 5.3. Графік узгодження операцій при ремонті двигуна (виробнича програма – 2000 двигунів за рік з тактом виробни-



### 5.3. Такт, темп виробництва, фронт ремонту і пропускна здатність ремонтного підприємства

Такт (ритм) виробництва – це середній розрахунковий проміжок часу між запуском у виробництво або випуском двох, що надходять одна за одною, одиниць або партії деталей, вузлів, агрегатів або машин.

Розрахунковий такт виробництва ( $\tau$ ) для ремонтних підприємств

$$\tau = \frac{\Phi_{\partial}}{N}, \text{ год.} \quad (5.5)$$

де  $\Phi_{\partial}$  – дійсний фонд часу роботи підприємства (за рік, квартал, місяць, зміну), год.;

$N$  – кількість об'єктів, які ремонтуються в розрахунковому періоду.

Величина, обернена такту, називається темпом. Темп показує, скільки об'єктів ремонту передбачається випускати за одиницю часу.

$$R = \frac{1}{\tau}, \text{ шт/год.} \quad (5.6)$$

Фронт ремонту ( $F$ ) – це кількість об'єктів, які одночасно знаходяться на виробництві. Він залежить від тривалості виробничого циклу  $T_{\text{ц}}$  і величини такту виробництва  $\tau$ .

$$F = \frac{T_{\text{ц}}}{\tau}, \text{ шт.} \quad (5.7)$$

Для повного аналізу виробничого процесу необхідно визначити пропускну здатність підприємства при відповідній організації ремонту.

Розрахункову пропускну здатність ( $B_{\text{пр}}$ ) обчислюють за формулою

$$B_{\text{пр}} = \frac{\Phi_{\partial} \cdot F \cdot n_{\text{зм}}}{t}, \text{ шт.} \quad (5.8)$$

де  $n_{\text{зм}}$  – кількість змін роботи майстерні

$t$  – середня тривалість перебування машин (агрегатів, вузлів) в ремонті, год.

Дійсну пропускну здатність ( $B_{\text{пр}}$ ) можна визначити, врахувавши кількість робочих місць складання машин у складальному цеху за такою формулою



$$B_{np} = \frac{M_{ск} \cdot \Phi_{д-ск}}{t_{ск}}, \text{ шт.} \quad (5.9)$$

де  $\Phi_{д-ск}$  – дійсний фонд часу роботи складального цеху (дільниці), год.

$M_{ск}$  – кількість місць складання машин (агрегатів, вузлів) у складальному цеху (дільниці);

$t_{ск}$  – середня тривалість перебування машини (агрегату, вузла) в складальному цеху (дільниці), год.

#### 5.4. Розрахунок штату ремонтного підприємства

На ремонтному підприємстві є такі категорії працівників:

- виробничі і допоміжні робітники;
- інженерно-технічні працівники;
- службовці;
- молодший обслуговуючий персонал.

Кількість виробничих робітників ( $P_{вир}$ ) для підприємства, цеху, відділення визначають за формулою

$$P_{вир} = \frac{T_{\epsilon}}{\Phi_{ор} \cdot \alpha}, \quad (5.10)$$

де  $T_{\epsilon}$  – трудомісткість робіт підприємства (цеху, відділення) за звітний період, люд-год.;

$\Phi_{ор}$  – дійсний фонд часу роботи робітника за звітний період, год.;

$\alpha$  – коефіцієнт перевиконання норм.

Розряди роботи визначають за тарифно-кваліфікаційним довідником залежно від характеру робіт. Середній розряд виробничих робітників ( $R_c$ ) визначають за формулою

$$R_c = \frac{R_I + 2 \cdot R_{II} + \dots + 6 \cdot R_{VI}}{P_{вир}}, \quad (5.11)$$

де  $R_I, R_{II}, \dots, R_{VI}$  – кількість робітників відповідних розрядів.

Кількість допоміжних робітників приймають в розмірі 5 % від середньорічної кількості виробничих робітників. До них відносяться: комірник-інструментальник, електрослюсар, моторист та інші різноробочі.

Кількість інженерно-технічних працівників повинна становити 10-12 % загальної кількості виробничих і допоміжних працівників.



До цієї категорії належать; завідуючий майстернею, інженер-контролер, технік-нормувальник, майстер, технолог.

Кількість службовців повинна становити 2-4 %, а молодшого обслуговуючого персоналу до 8 % загальної кількості виробничих і допоміжних робітників.

Службовцями є бухгалтер, диспетчер, рахівник, обліковець.

До складу молодшого обслуговуючого персоналу входять: вахтери, гардеробники, прибиральники, охоронники.

### 5.5. Розрахунок і підбір обладнання ремонтного підприємства

До основного обладнання ремонтного підприємства відноситься обладнання, на якому виконують основні найскладніші і трудомісткі технологічні операції ремонту машин, агрегатів і відновлення деталей. Це мийні машини, токарні, розточувальні і шліфувальні верстати, конвеєри для складання машин, зварювальне обладнання, стенди для обкатування і випробування агрегатів і машин в цілому і т.д.

Кількість мийних машин ( $N_m$ ) визначають за формулою

$$N_m = \frac{Q \cdot t}{\Phi_{d.o} \cdot q \cdot \eta_m}, \quad (5.12)$$

де  $Q$  – загальна маса деталей машин, вузлів, що потребують миття, відповідно до програми завантаження підприємства на плановий період, кг;

$\Phi_{d.o}$  – дійсний фонд часу роботи мийної машини за плановий період, год.;

$t$  – час знаходження деталей в мийній машині, год.;

$q$  – маса деталей, яка пропускається одночасно через машину, кг;

$\eta_m$  – коефіцієнт використання мийної машини за часом.

Кількість мийних машин ( $N_{mc}$ ) для спеціалізованих підприємств визначають за формулою

$$N_{mc} = \frac{Q}{\tau_z \cdot q_m \cdot \eta_m}, \quad (5.13)$$

де  $\tau_z$  – загальний такт ремонту;

$q_m$  – продуктивність мийної машини, кг/год.;

Кількість металорізальних верстатів ( $N_v$ ) визначають за формулою



$$N_{\epsilon} = \frac{T_{\epsilon}}{\Phi_{\partial.o} \cdot \eta_{\epsilon}}, \quad (5.14)$$

де  $T_{\epsilon}$  – трудомісткість верстатних робіт, верстато-годин;

$\eta_{\epsilon}$  – коефіцієнт використання верстатного обладнання.

Одержану кількість верстатів розподіляють за видами обробки у відсотках загальної трудомісткості.

Кількість зварювальних або наплавлювальних установок за масою наплавлюваного металу ( $N_{зв}$ ) визначають за формулою

$$N_{зв} = \frac{1000 \cdot Q_{\text{м}}}{\alpha_{\text{н}} \cdot I \cdot \Phi_{\partial.o} \cdot \eta_{\text{з}} \cdot \eta_{\text{зм}}}, \quad (5.15)$$

де  $Q_{\text{м}}$  – маса металу, який наплавляється на деталь за певний період, кг;

$\alpha_{\text{н}}$  – коефіцієнт наплавлення, г/А·год.;

$I$  – середня величина зварювального струму, А;

$\eta_{\text{з}}$  – коефіцієнт завантаження установки;

$\eta_{\text{зм}}$  – коефіцієнт змінності роботи.

Кількість зварювальних установок ( $N_{зв}$ ) за трудомісткістю робіт визначають за формулою

$$N_{зв} = \frac{T_{зв}}{\Phi_{\partial.o} \cdot n_p}, \quad (5.16)$$

де  $T_{зв}$  – річна трудомісткість зварювальних (наплавлювальних) робіт за планом завантаження підприємства, люд·год.;

$n_p$  – кількість зварювальників для виконання програми зварювальних робіт.

Кількість гальванічних ванн ( $N_{гв}$ ) визначають за формулою

$$N_{гв} = \frac{F_2 \cdot t_2}{S_n \cdot \Phi_{\partial.o} \cdot \eta_{\text{зм}}}, \quad (5.17)$$

де  $F_2$  – сумарна площа гальванічного покриття відновлюваних деталей за плановий період, дм<sup>2</sup>;

$t_2$  – середня тривалість гальванічного процесу, год.;

$S_n$  – площа покриття при одному завантаженні, дм<sup>2</sup>;

$\eta_{\text{зм}}$  – коефіцієнт змінності роботи ванн.

Кількість стендів ( $N_{см}$ ) для забезпечення всього циклу обкатування і випробування машин, двигунів, агрегатів гідросистем, задніх мостів та інших агрегатів і вузлів визначають за формулою



$$N_{cm} = \frac{n \cdot t_p \cdot K_n}{\Phi_{\partial.o} \cdot \eta_{вик} \cdot \eta_{зм}}, \quad (5.18)$$

де  $n$  – кількість об'єктів, для яких проводять обкатування і випробування в розрахунковому періоді, шт.;

$t_p$  – режимний час обкатування і випробування об'єкта, год.;

$K_n$  – коефіцієнт повернення об'єкта для повторного обкатування і випробування;

$\eta_{вик}$  – коефіцієнт використання стенда;

$\eta_{зм}$  – коефіцієнт змінності роботи стенда.

Кількість спеціалізованого ремонтного обладнання ( $N_p$ ) за змінною продуктивністю визначають за формулою

$$N_p = \frac{N_{np}}{N_{зм} \cdot K_{зм} \cdot \eta_z}, \quad (5.19)$$

де  $N_{np}$  – розрахункова виробнича програма у приведених (фізичних) ремонтах за плановий період;

$N_{зм}$  – змінна продуктивність одиниці відповідного обладнання;

$K_{зм}$  – число змін роботи обладнання протягом планового періоду;

$\eta_z$  – коефіцієнт завантаження обладнання за часом.

## 5.6. Розрахунок виробничих площ ремонтного підприємства

До виробничих площ цехів, відділень ремонтного підприємства відносяться площі, які зайняті робочими місцями, технологічним і транспортним обладнанням, заготовками, деталями і вузлами, а також проходами (крім магістральних проїздів).

Площі для відділень зовнішнього очищення і миття, розбирально-мийного, ремонтно-монтажного, фарбувального розраховують за формулою

$$F_{від} = (F_m + F_{об}) \cdot \sigma, \text{ м}^2 \quad (5.20)$$

де  $F_m, F_{об}$  – відповідно площа, яку займає машина і обладнання,  $\text{м}^2$ ;

$\sigma$  – коефіцієнт, який враховує робочі зони і проходи.

Площі решти відділень розраховують за площею, яку займає обладнання, з врахуванням робочих зон і проходів за формулою

$$F_{від} = F_{об} \cdot \sigma, \text{ м}^2$$

До допоміжних приміщень відносять: контору, комори, газогенераторну, цехові склади, компресорну та ін. Як правило, дані пло-





щі приймають згідно типових проектів ремонтних підприємств.

Площі складів матеріалів (запасних частин) розраховують, виходячи з кількості  $Q_{мз}$  матеріалів (запасних частин), які підлягають зберіганню, за формулою

$$Q_{мз} = \frac{Q_p \cdot t_{мз}}{12}, \text{ т} \quad (5.21)$$

де  $Q_p$  – річна потреба ремонтного підприємства в матеріалах і запасних частинах, т;

$t_{мз}$  – термін зберігання матеріалів і запасних частин, місяці.

Площу складів  $F_{ск}$  розраховують за формулою:

$$F_{ск} = \frac{Q_{мз}}{q_n \cdot \eta_n}, \text{ м}^2 \quad (5.22)$$

де  $q_n$  – допустиме навантаження на 1 м<sup>2</sup> площі підлоги складу, т/м<sup>2</sup>;

$\eta_n$  – коефіцієнт, який враховує збільшення площі за рахунок розривів і проходів.

Комплектування цехів, відділень і дільниць виконують після їх розрахунку. При цьому враховують наступне:

1) взаємне розміщення цехів і відділень повинне відповідати прийнятій схемі виробничого процесу ремонту машин, агрегатів і вузлів, забезпечуючи прямоточність без зустрічних вантажопотоків;

2) довжина шляху транспортування корпусних деталей повинна бути найкоротша;

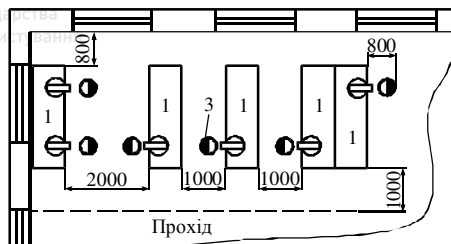
3) всі виробничі цехи, відділення і дільниці повинні розміщуватись в одному приміщенні;

4) периметр виробничої будівлі при даній площі повинен бути по можливості якнайменшим;

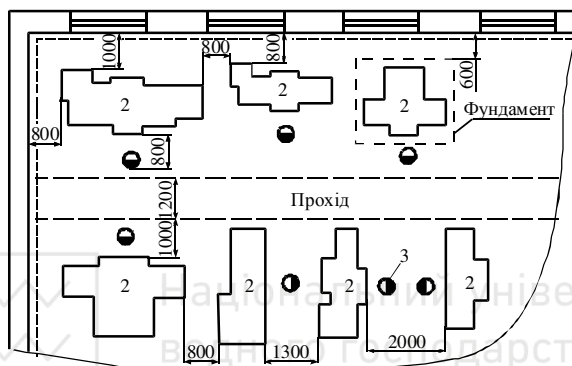
5) у виробничому приміщенні рекомендується передбачати декілька взаємноперпендикулярних проїздів проти візних і виїзних воріт.

Розрахункові площі цехів і відділень остаточно уточнюють після планування, шляхом розміщення обладнання згідно з правилами техніки безпеки (рис. 5.4).

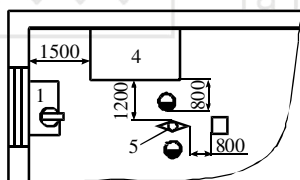
Обладнання на план наносять у вигляді умовних знаків, а місцезнаходження робітника під час роботи умовно позначають кружечком, незатемнена частина якого повинна бути обернена до робочого боку верстата.



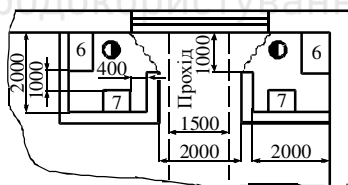
а)



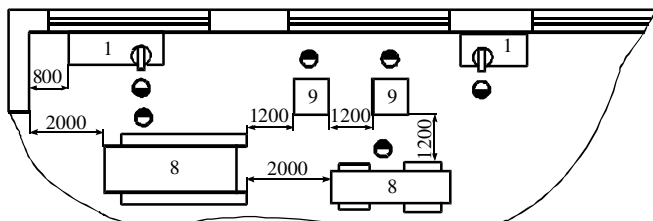
б)



в)



г)



д)

Рис. 5.4. Орієнтовне компонування типових робочих місць слюсарного (а), механічного (б), ковальського (в), зварювального (г) відділень і ремонту тракторів (д): 1 – слюсарний верстак; 2 – верстат; 3 – робоче місце; 4 – горно; 5 – ковадло; 6 – зварювальний трансформатор; 7 – зварювальний стіл; 8 – трактор; 9 – агрегат



## 5.7. Розрахунок потреб в стиснутому повітрі, воді та пару

Загальну потребу в стиснутому повітрі в цілому визначають виходячи з витрат повітря при безперервній роботі всіх споживачів, коефіцієнта їх використання і річного фонду часу роботи.

Коефіцієнт використання  $k_c$  споживачів (обладнання) рівний відношенню кількості годин фактичної роботи  $T_\phi$  споживача до тривалості робочої зміни  $t_{зм}$ , тобто

$$k_c = \frac{T_\phi}{t_{зм}}. \quad (5.23)$$

Середня теоретична годинна витрата стисненого повітря  $Q_{cp}$  в  $\text{м}^3$  визначається за формулою

$$Q_{cp} = Q_{год} \cdot k_c, \quad (5.24)$$

де  $Q_{год}$  – годинна витрата стиснутого повітря,  $\text{м}^3/\text{год}$ .

Дійсна середньогодинна витрата повітря для всіх споживачів рівна

$$Q_d = k_{em} \cdot \sum Q_{cp}, \quad (5.25)$$

де  $k_{em}$  – коефіцієнт втрат повітря,  $k_{em} = 1,3-1,5$ .

Річна потреба в стиснутому повітрі  $Q_p$  визначається за формулою

$$Q_p = Q_d \cdot \Phi_{d.o} \cdot n, \quad (5.26)$$

де  $\Phi_{d.o}$  – дійсний фонд часу роботи обладнання, яке споживає повітря, год.;

$n$  – кількість змін.

При укрупнених розрахунках беруть таку середню витрату стиснутого повітря:

- для обдування верстатів ( $1,5-2 \text{ м}^3/\text{год}$  на верстат з розрахунку  $10-15 \%$  від загальної їх кількості, тиск повітря  $0,3 \text{ МПа}$ );
- для обдування деталей після миття і під час складання ( $1-1,2 \text{ м}^3/\text{год}$  на одне встановлене сопло, тиск повітря  $0,3 \text{ МПа}$ );
- для пневматичних затискачів (до  $4 \text{ м}^3/\text{год}$  на один, тиск повітря  $0,4-0,6 \text{ МПа}$ );
- для пневматичних інструментів ( $2,5-4,5 \text{ м}^3/\text{год}$ , тиск повітря  $0,5-0,6 \text{ МПа}$ );
- для електродугової металізації ( $2 \text{ м}^3/\text{год}$ , тиск повітря  $0,5-0,6 \text{ МПа}$ );

- для абразивної підготовки деталей перед газотермічним напиленням (не більше 45 м<sup>3</sup>/год, тиск повітря 0,8 МПа);
- для розпилювачів фарби (2 м<sup>3</sup>/год, тиск повітря 0,3-0,6 МПа).

Вода на виробничі потреби витрачається для приготування охолоджувальних сумішей, промивання деталей, випробовування вузлів та ін.

Річна витрата води для охолоджувальних рідин при різанні металу  $Q_{\text{с}}$  в м<sup>3</sup> визначають за формулою

$$Q_{\text{с}} = \frac{q_{\text{с}} \cdot N_{\text{зв}} \cdot \Phi_{\text{д.о}} \cdot n \cdot \eta_{\text{з}}}{1000}, \quad (5.27)$$

де  $q_{\text{с}}$  – годинна витрата води на один верстат, л;

$N_{\text{зв}}$  – кількість верстатів;

$\Phi_{\text{д.о}}$  – дійсний фонд часу роботи верстата, год.;

$n$  – кількість робочих змін;

$\eta_{\text{з}}$  – коефіцієнт завантаження верстатів (за часом).

Витрату води для обкатування і випробовування двигунів  $Q_{\text{во}}$  (при проточно-циркуляційному способі) визначають за формулою

$$Q_{\text{во}} = 0,28 \frac{q \cdot g \cdot N_{\text{см}} \cdot K}{t_2 - t_1}, \quad (5.28)$$

де  $q$  – теплотворна здатність палива, на якому працює двигун, ккал/год.;

$g$  – середня витрата палива одним двигуном, кг/год.;

$N_{\text{см}}$  – кількість випробувальних стендів;

$K$  – коефіцієнт, який враховує одночасність роботи кількох стендів;

$t_2$  – температура води, яка зливається з двигуна, °С;

$t_1$  – температура води, яка надходить у двигун, °С.

Витрату води на виробничі потреби визначають відповідно до таких норм:

- для миття деталей у баках ємністю 1,5-2,5 м<sup>3</sup>/год середня витрата води складає 10-13 л/год.;
- для миття деталей у мийних машинах 0,12-0,5 м<sup>3</sup>/год на 1 т деталей;
- для гідравлічного випробування блоків циліндрів 2 л на одну деталь;
- для охолодження деталей під час гартування на високочастотних установках 2-4 м<sup>3</sup>/год при потужності установки 15-30 кВт;



- для гідрофільтра (осадження розпиленої у повітрі фарби) становить 0,01-0,02 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> об'єму розпилювальної камери.

Визначення річної витрати води для побутових потреб ведеться з розрахунку:

- для господарсько-питних потреб: в гарячих цехах – 35 л, в інших – 25 л за зміну для кожного робітника;
- для душових у виробництвах, які пов'язані з забрудненням тіла – 40 л;
- для групових умивальників: для забруднених виробництв – 5 л, для чистих виробництв – 3 л на процедуру.

Пар витрачається на виробничі потреби, а також на опалення і вентиляцію.

Пар на виробничі потреби витрачається для підігрівання води в мийних установках, на обігрівання сушильних камер та ін.

Річна потреба пару  $Q_{pn}$  визначається за формулою

$$Q_{pn} = Q_{dn} \cdot \Phi_{d.o} \cdot n. \quad (5.29)$$

Для підігрівання охолоджувальних сумішей витрата пару (тиск 1,5 атм і температура води від 10 до 90 °С) складає 0,16-0,19 кг/год. на кожний літр води, яка витрачається.

Середня витрата пару (тиск 0,3-0,4 МПа) для сушильних камер періодичної дії – 80-100 кг/год., для конвеєрних – 45-75 кг/год. при температурі сушіння 100-110 °С.

Річна потреба пару на опалення і вентиляцію в тоннах складає

$$Q_n = \frac{q \cdot T \cdot V}{i \cdot 1000}, \quad (5.30)$$

де  $q$  – витрата тепла на 1 м<sup>3</sup> будівлі, ккал/год.;

$T$  – кількість годин в опалювальному періоді;

$V$  – об'єм будівлі, м<sup>3</sup>;

$i$  – теплота випаровування, ккал/кг.

Витрату пару визначають з розрахунку відшкодування втрат будівлі, які складають 15-20 ккал/год. на 1 м<sup>3</sup> будівлі. Якщо будівля має штучну вентиляцію, то теплові втрати приймають сумарно за опаленням і вентиляцією в розмірі 25-35 ккал/год. на 1 м<sup>3</sup> будівлі.

#### Контрольні запитання

1. За якими схемами компонуються виробничі відділення в майстерні?
2. Дайте визначення такту, темпу виробництва і фронту ремонту.
3. Перерахуйте основні категорії працівників ремонтної майстерні.
4. Як визначити річну потребу пару споживачами?



## РОЗДІЛ 6

# ОСНОВНІ СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ

### 6.1. Класифікація способів відновлення деталей

Для відновлення спрацьованих деталей застосовують різні способи: зварювання і наплавлення, газотермічні методи напилення, гальванічне нарощування, пластичне деформування та ін. До 60 % всіх обсягів відновлення спрацьованих деталей здійснюється зварювально-наплавлювальними способами.

Загальновизнаної класифікації цих способів ще не розроблено. Наведемо класифікацію виходячи з ступеня теплового впливу на деталь в процесі відновлення, який запропоновано В.І. Черноівановим. Всі способи відновлення поділено на три класи:

- відновлення з сильною тепловою дією, яка переводить поверхневий шар деталі в зоні з'єднання в рідку фазу без застосування тиску (відновлення деталей плавленням і заливанням рідким металом);
- відновлення з обмеженою тепловою дією, при якому один або два метали, які з'єднуються (поверхневий шар деталі, присадний матеріал) залишаються в твердій фазі (газотермічне напилення, паяння, зварювання без розплавлення);
- відновлення без суттєвого теплового впливу з використанням додаткових елементів (вставок, пластин, стяжок і т.п.), хімічних і електрохімічних способів, полімерних матеріалів.

До зварювання плавленням відносять: дугове, газове, плазмове, електрошлакове, електронно-променеве і лазерне зварювання.

Кожний вид зварювання має значну кількість різновидностей, які характеризуються технічними і технологічними ознаками. За технічними ознаками види зварювання класифікуються наступним чином: за способом захисту металу в зоні зварювання, за тривалістю процесу, за ступенем механізації процесів зварювання, за типом захисного газу; за характером захисту металу в зоні зварювання та ін. За технологічними ознаками (наприклад, для дугового зварювання) розрізняють за видом і кількістю електродів, за видом і характером дуги, за типом зварювального струму, за наявністю і характером коливань електрода.



Процес газотермічного напилення полягає у нанесенні покриття на поверхню деталі за допомогою високотемпературного швидкісного струменя. Існуючі технології напилення залежно від джерела теплової енергії можна розділити на два види: газополуменевий і електричний метод напилення.

До способів відновлення з обмеженою тепловою дією відносяться різні види зварювання із застосуванням тиску. Широкого впровадження отримали процеси, які основані на контактному зварюванні. За видом контактного зварювання вони класифікуються на стикове, точкове, рельєфне, шовне і шовно-стикове зварювання.

Для приварювання до спрацьованої поверхні використовують металеву стрічку, дріт, порошки металів і сплавів. За видом застосованої електричної енергії розрізняють два напрямки: перший – прямим проходженням струму низької напруги і другий – приварювання шару регульованими імпульсними струмами, який є кращим щодо технологічних можливостей.

До класу відновлення з обмеженим тепловим впливом можна умовно включити способи, які основані на пластичному деформуванні, оскільки метал в цих процесах нагрівається нижче температури плавлення (залишається в твердій фазі). Слід відмітити, що певні способи відновлення пластичним деформуванням здійснюються без нагрівання, які поділяються на статичні (обкочування, розкочування, дорнування, вигладжування) і ударні (ультразвукова, ударна, дробоструменева обробка, зміцнювальна чеканка).

Гальванічні покриття застосовують для відновлення деталей з невеликим спрацюванням (до 0,2 мм). Широке розповсюдження знайшли такі гальванічні процеси, як залізнення (осталювання) і хромування.

Для відновлення деталей машин застосовують полімерні матеріали. Розрізняють способи відновлення шляхом нанесення покриттів в звязаному стані, газополуменеве нанесення покриттів, лиття під тиском, застосування герметиків та ін.

Випуск промисловістю різних матеріалів з широким діапазоном параметрів тепло- та зносотривкості, питомого лінійного розширення та інших, створює можливості для правильного поєднання способів відновлення деталей.



## 6.2. Слюсарно-механічні способи відновлення деталей

На ремонтних підприємствах при ремонті машин і обладнання широко застосовуються загальні слюсарно-механічні способи при відновленні деталей, більшість яких одностипні при виготовленні нових деталей на машинобудівних підприємствах. Вони складаються, власне, із слюсарних робіт (обпилювання, шабрення, притирання, свердління і зенкування отворів, нарізання різьби) і механічної обробки деталей (точіння, фрезерування, шліфування).

Слід відмітити, що ремонт деталей характеризується певними специфічними особливостями, такими як нерівномірність спрацювання поверхні, порушення установочних баз і взаємного положення поверхонь внаслідок їх деформування, малими припусками на обробку та ін, які потребують застосування спеціальних слюсарно-механічних способів відновлення.

В ремонтній практиці слюсарно-механічні способи застосовуються як самостійні способи відновлення деталей (оборка під ремонтні розміри, застосування додаткових деталей, ремонт різьбових з'єднань), або в якості доповнення до інших способів (нанесення гальванічних покриттів, зварювання і наплавлення, напилення).

Спосіб відновлення посадок спряжених деталей ремонтними розмірами полягає у механічній обробці деталі до нового розміру, який враховує розміри спряженої деталі. Ремонтні розміри поділяються на категорійні і приганяльні.

Категорійними називаються ремонтні розміри деталі, встановлені для визначеної категорії ремонту. Деталі з категорійними розмірами випускаються промисловістю (поршні, поршневі кільця, поршневі пальці, вкладиші тощо). Відповідно ремонтні підприємства ремонтують під відповідні категорійні ремонтні розміри спряжені деталі.

Приганяльні – ремонтні розміри деталі, встановлені з врахуванням припуску на приганяння деталі „по місцю”.

Способом встановлення додаткових деталей можна компенсувати спрацювання робочих поверхонь валів і осей, посадочних отворів під підшипники корпусних деталей, шестерень (рис. 6.1). Додаткову ремонтну деталь встановлюють на поверхню після попередньої механічної обробки. Кріплення додаткової деталі забезпечують посадкою з гарантованим натягом, приварюванням або фіксуванням різними конструктивними елементами.



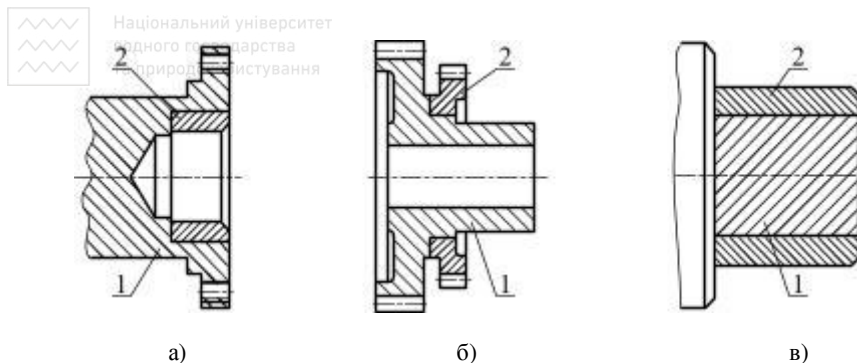


Рис. 6.1. Відновлення спрацьованого отвору (а), шестерні (б) і шийки вала (в) способом заміни її частини: 1 – спрацьована деталь; 2 – додаткова деталь

Різьбові з'єднання відновлюють шляхом зміни початкового (номінального) розміру на ремонтний, встановленням додаткових деталей, стабілізацією полімерним матеріалом та ін. (рис. 6.2).

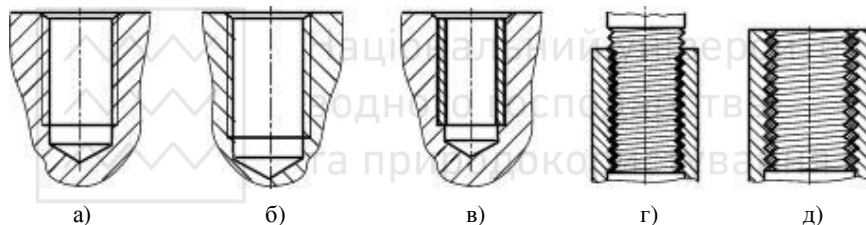


Рис. 6.2. Способи ремонту різьбових з'єднань заварюванням з наступним нарізанням різби номінального розміру (а), нарізанням різби збільшеного ремонтного розміру (б), встановленням вкрутня (в), стабілізацією полімерною композицією (г) і встановленням спіральної вставки з дроту ромбічного перерізу (д)

Переважає більшість способів відновлення різьбових з'єднань вимагає знаття спрацьованої дефектної різьби і нарізанням нової номінального або ремонтного збільшеного (для отворів) або зменшеного (для валів) розміру.

Спосіб відновлення різьби під ремонтний розмір, встановленням вкрутня або вставки застосовують у випадку, якщо конструкція деталі дозволяє збільшення розміру.

Нарізання різьбового отвору на новому місці можливе у випадку, якщо його розміщення не порушує взаємозамінності з'єднання.

Стабілізацію різьбових з'єднань полімерними матеріалами застосовують при незначному сумарному спрацюванні до 0,3 мм, а також для додаткової фіксації.



Під час ремонту відповідальних деталей набув широкого застосування спосіб відновлення різьбових отворів спіральними вставками, які виготовляють з нержавіючої сталі ромбічного перерізу. Технологічний процес включає наступні операції: розсвердлювання різьбового отвору під необхідний розмір; нарізання різьби; встановлення різьбової вставки технологічним повідком вниз і видалення повідка.

В ремонтній практиці широко застосовують слюсарно-механічні способи ремонту тріщин корпусних деталей штифтами, фігурними вставками, встановленням латок.

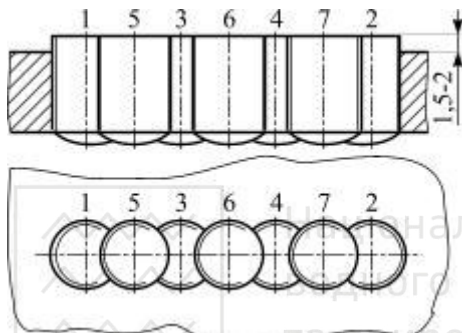


Рис. 6.3 Схема ремонту тріщини способом встановлення штифтів (цифрами позначено послідовність встановлення штифтів)

Технологічний процес ремонту тріщин штифтами включає такі операції (рис. 6.3). Спочатку свердлять кінці тріщини, нарізають в них різьбу і вкручують мідний або бронзовий штифт. Потім у встановленому порядку свердлять отвори і встановлюють решту штифтів. Кінці штифтів чекають, а поверхню – проपाюють.

Під час ремонту тріщин фігурними вставками свердлять ряд послідовних отворів за допомогою спеціального кондуктора та видаляють перемички між ними. В отриманий паз запресовують фігурну вставку, попередньо провівши знежирення поверхні і змастивши їх епоксидним клеєм (рис. 6.4).

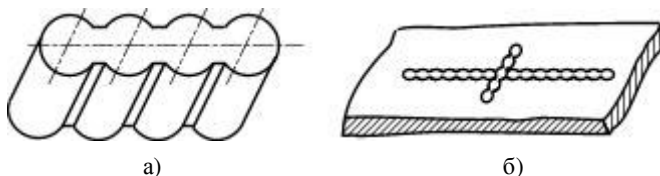


Рис. 6.4. Фігурна вставка (а) і схема ремонту тріщини вставками (б)

Ремонт тріщини встановленням латок дозволяє відновити герметичність в корпусних деталях. Латку виготовляють з листової сталі, міді або латуні таким чином, щоб її розміри виходили за краї трі-



щини або пробійни. Під латку ставлять прокладку або промазують клеєм для герметизації з'єднань і фіксують кріпильними елементами (гвинтами, заклепками).

### 6.3. Ремонт деталей зварюванням і наплавленням

#### 6.3.1. Ручне зварювання і наплавлення

При ремонті машин і обладнання основне застосування отримало зварювання плавленням за допомогою теплової електричної дуги.

Дугове зварювання проводять постійним струмом прямої і оберненої полярності, змінним струмом як промислової, так і підвищеної частоти і пульсуючим струмом. Постійний струм забезпечує більш стійку дугу. Крім того, розподіл тепла дуги неоднаковий за полюсом, на додатному полюсі тепла виділяється більше. Зварювання на змінному струмі більш економічне і широко застосовується для відновлення деталей з низьковуглецевих і низьколегованих сталей.

Серед дугового зварювання найчастіше застосовується ручне дугове. Ручне дугове зварювання здійснюється способами без плавлення електрода або з його плавленням (рис. 6.5). При першому способі збуджують електричну дугу між електродом (вугільним або графітовим) і деталлю. Присадний матеріал вводиться в зону дуги, нагрівається до плавлення і утворює ванну розплавленого металу, який після охолодження перетворюється в зварювальний шов. Його застосовують для зварювання тонколистового матеріалу, наплавлення твердих сплавів. Другий спосіб передбачає плавлення самого електрода і кромки деталі (отримується загальна ванна металу).

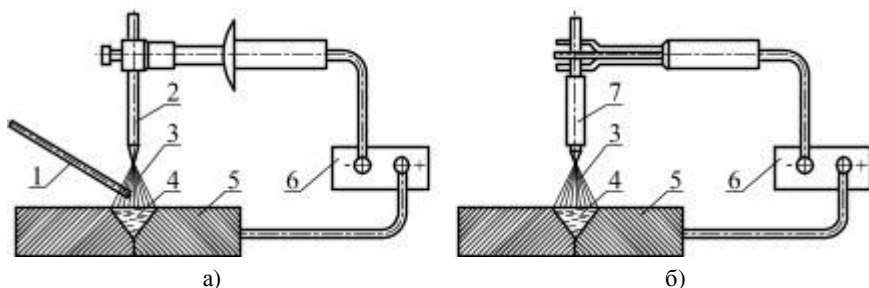


Рис. 6.5. Схема ручного електродугового зварювання без плавлення електрода (а) або з його плавленням (б): 1 – присадний матеріал; 2 – електрод, який не плавиться; 3 – електрична дуга; 4 – ванна з розплавленим металом; 5 – деталь; 6 – джерело живлення; 7 – електрод, який плавиться



Для підвищення продуктивності праці застосовують наступні методи: зварювання з глибоким проварюванням, лежачим або похилим електродом, електродами великих діаметрів (більше 8 мм), без утворення недогарок, зварювання трьохфазною дугою.

На якість зварювання суттєво впливає матеріал електрода та їх покриття. Електроди поділяються на типи і марки. Тип визначає міцність зварювального шва, а марка характеризує хімічний склад металу стержня і покриття. Покриття забезпечує захист розплавлених краплин електродного металу і зварювальної ванни від контакту з повітрям, підтримує стабільність горіння дуги, в ряді випадків – розкислення металу ванни, а інколи і легування шва необхідними елементами для надання йому спеціальних властивостей.

Процес плавлення електрода оцінюється коефіцієнтом розплавлення  $\alpha_p$

$$\alpha_p = \frac{Q_p}{I \cdot t}, \text{ г/(А·год.)} \quad (6.1)$$

де  $Q_p$  – маса розплавленого металу, г;

$I$  – сила зварювального струму, А;

$t$  – час наплавлення, год.

Аналогічно визначають коефіцієнт наплавлення  $\alpha_n$

$$\alpha_n = \frac{Q_n}{I \cdot t}, \text{ г/(А·год.)} \quad (6.2)$$

де  $Q_n$  – маса наплавленого металу, г.

Коефіцієнт наплавлення  $\alpha_n$  характеризує продуктивність процесу зварювання і наплавлення. Чим більша величина  $\alpha_n$ , тим більша продуктивність зварювання  $\Pi_{зв}$

$$\Pi_{зв} = \alpha_n \cdot I, \text{ г/год.} \quad (6.3)$$

Коефіцієнт втрат електродного матеріалу  $\varphi$  в процесі зварювання розраховується за формулою

$$\varphi = \frac{(\alpha_p - \alpha_n)}{\alpha_p} \cdot 100, \% \quad (6.4)$$

Зварювальний струм вибирають залежно від марки і діаметра електрода, товщини металу (табл. 6.1). При зварюванні найчастіше застосовується електроди діаметром 2-5 мм, величина зварювального струму  $I$  визначається за формулою



$$I = k \cdot d \text{ або } I = (20 + 6 \cdot d) \cdot d, \text{ А} \quad (6.5)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який залежить від положення шва у просторі і становить  $k = 40-60$  (найбільше значення для зварювання в нижньому положенні);

$d$  – діаметр електрода, мм.

При зварюванні в нижньому положенні, якщо товщина металу менше  $1,5 d$ , то  $I$  зменшують на 10-15 % порівняно з розрахунковим. Якщо товщина металу більше  $3d$ , то  $I$  збільшують на 10-15 % порівняно з розрахунковим

Таблиця 6.1

Орієнтовні режими ручного дугового зварювання

Товщина металу, мм	Число шарів або проходів в шві	Діаметр електрода, мм	Сила зварювального струму, А
0,5	1	1,6-2	10-20
1		2-2,5	20-50
2		2,5-3	40-100
3		3-4	50-120
4			90-120
6-8	1-2	4-5	120-160
10	3		140-180
20	5-6	4-6	140-220

Наплавлення застосовують для відновлення і зміцнення деталей машин і обладнання шляхом нанесення на їх робочі поверхні металевих покриттів з необхідним комплексом властивостей. Ручне наплавлення покритими електродами застосовують в тих випадках, коли використання механізованого способу неможливе або недоцільне. Для отримання мінімальної глибини проплавлення основного металу електрод нахилиють в сторону, протилежну напрямку наплавлення. Ручне наплавлення виконують електродом діаметром 2-6 мм на постійному струмі 80-300 А зворотної полярності (плюс на електроді) з продуктивністю 0,8-3 кг/год.

### 6.3.2. Газове зварювання

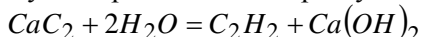
При газовому зварюванні метал розплавляється від тепла, яке отримується від горіння різних газів: ацетилену, пропан-бутану та ін. Найчастіше використовують ацетилено-кисневе полум'я.



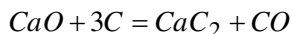
Кисень для газового зварювання застосовується для отримання горючої суміші. Він сприяє інтенсивному горінню горючих газів і отриманню високотемпературного полум'я. Для газового зварювання застосовують газоподібний технічний кисень.

Ацетилен – хімічне з'єднання вуглецю з воднем ( $C_2H_2$ ). Це газ без кольору з характерним запахом, обумовлений наявністю домішок (фтористого водню, сірководню та ін.).

Ацетилен отримують при взаємодії карбїду кальцію з водою



Карбїд кальцію отримують шляхом сплавлення в електропечах коксу і обпаленого вапна



З 1 кг карбїду кальцію залежно від сорту і грануляції отримують 235-280 л ацетилену. Для взаємодії 1 кг карбїду кальцію теоретично необхідно 0,56 л води, а практично беруть 7-20 л води для забезпечення доброго охолодження ацетилену і більш безпечної роботи газогенератора.

Залежно від співвідношення ацетилену і кисню розрізняють три види киснево-ацетиленового полум'я: нормальне (при співвідношенні ацетилену і кисню 0,8-1,0), науглецьоване (при співвідношенні 1,0-1,2) і окислювальне (при співвідношенні 0,6-0,8).

Нормальне полум'я сприяє розкисленню металу зварювальної ванни і отриманню якісного зварного шва. Навуглецьоване полум'я застосовують для науглецьовування металу шва або поповнення вигоряння вуглецю. Окислювальне полум'я характеризується надлишком кисню і призводить до окислення розплавленого металу з утворенням ламкого і пористого шва.

Регулювання зварювального полум'я проводиться за його формою і забарвленням. Нормальне полум'я можна отримати з окислювального, поступово збільшуючи надходження ацетилену до утворення яскравого і чіткого ядра полум'я. Можна відрегулювати нормальне полум'я з науглецьованого, зменшуючи подачу ацетилену до зникнення зеленуватого ореолу у вершини ядра полум'я.

Характер полум'я вибирають залежно від матеріалу, який зварюється. Наприклад, для зварювання чавуну і наплавленні твердих сплавів застосовують науглецьоване полум'я, а при зварюванні латуні, різанні металу – окислювальне.

Важливим показником зварювального полум'я є його теплова



потужність, яка характеризується годинною витратою ацетилену

$$A = r \cdot h, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (6.6)$$

де  $r$  – коефіцієнт, який характеризує питому витрату ацетилену на 1 мм товщини деталі,  $\text{м}^3/(\text{год} \cdot \text{мм})$ . Для сталі складає 0,1-0,12, для чавуну – 0,11-0,14, для латуні – 0,12-0,13, для алюмінію – 0,06-0,10;  $h$  – товщина деталі, мм.

Витрата кисню на 10-20 % більша, ніж ацетилену.

Матеріал присадного дроту за своїми хімічними і фізико-механічними властивостями повинен бути приблизно однаковим основному металу, або відрізнятися в сторону збільшення елементів, які легко окислюються.

Для проведення робіт з газового зварювання застосовується наступне обладнання: генератор або балон з горючим газом; кисневий балон; редуктори (кисневий і для горючого газу); зварювальний палик з набором змінних наконечників; шланги для подачі горючого газу і кисню в палик.

Ацетиленовий генератор призначений для отримання ацетилену при взаємодії карбіду кальцію з водою.

Ацетилен може поставлятися в балонах місткістю 40 л, в якому при максимальному тиску 1,9 МПа міститься приблизно  $5,5 \text{ м}^3$  ацетилену. Балон фарбується в білий колір з написом червоними буквами „Ацетилен”.

Кисень подається від кисневої рампи (для стаціонарного поста), або від кисневого балона місткістю 40 л, в якому при максимальному тиску 15,15 МПа міститься  $6 \text{ м}^3$  кисню. Балон фарбується в голубий колір з написом чорними буквами „Кисень”.

Для зниження тиску газу, який надходить з балону, до робочого і для підтримання цього тиску постійним в процесі зварювання застосовують редуктори.

Подача кисню і ацетилену до палика забезпечується відповідними стандартизованими шлангами (рукавами). Передбачено шланги для подачі ацетилену при робочому тиску не більше 0,6 МПа і шланги для подачі кисню при робочому тиску не більше 1,5 МПа. Рукава складаються з зовнішнього гумового шару, ниткового обплетення і внутрішнього гумового шару (камери). Зовнішній шар ацетиленових рукавів червоно кольору, кисневих – синього кольору. Довжина шланга під час роботи від балона повинна бути не менше 8 м, а під час роботи від генератора – не менше 10 м.



Основним інструментом газового зварювальника є пальник, який призначений для правильного змішування горючого газу або парів горючої рідини з киснем і отримання стійкого зварювального полум'я необхідної потужності (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2

Відповідність номера наконечника витраті ацетилену

Номер наконечника	Витрата ацетилену, дм <sup>3</sup> /год	Діаметр каналу сопла, мм
1	150	1,0
2	250	1,3
3	400	1,6
4	500	2,0
5	1000	2,5
6	1700	3,0
7	2500	3,5

Якість зварного з'єднання залежить не тільки від правильного вибору режиму, але і від техніки виконання зварювання.

При ручному зварюванні пальник направляють на зварювальні кромки таким чином, щоб ядро полум'я, незалежно від його довжини, знаходилися від розплавленої поверхні зварювальної ванни на відстані 2-6 мм.

Положення пальника (кут нахилу мундштука наконечника) залежить від товщини зварювальних кромок виробу і теплопровідності металу (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Кут нахилу мундштука пальника залежно від товщини зварювального металу

Товщина металу, мм	до 1	1-3	3-5	5-7	7-10	10-12	12-15	більше 15
Кут нахилу, град.	10	20	30	40	50	60	70	80

Газове зварювання виконують лівим або правим способом. Для зварювання деталей товщиною до 3-5 мм застосовують лівий спосіб (рис. 6.6, а). Пальник переміщують за присадним дротом, а факел полум'я попередньо нагріває кромки. При правому способі (для зварювання деталей товщиною більше 5 мм) присадний матеріал переміщують за пальником (рис. 6.6, б). Факел полум'я направле-





ний в цьому випадку на зварювальний шов і захищає його від різкого охолодження.

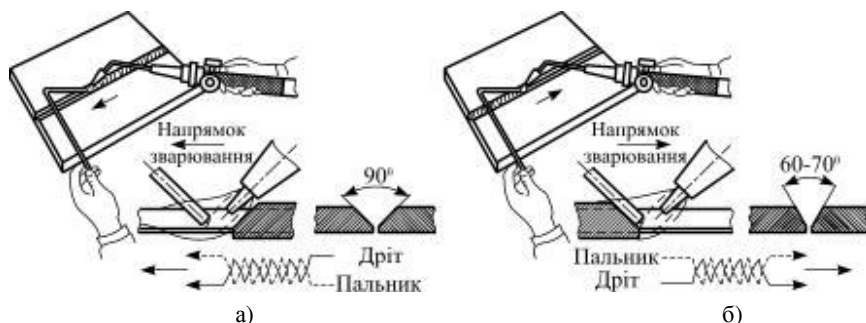


Рис. 6.6. Лівий (а) і правий (б) спосіб газового зварювання

В процесі зварювання мундштук пальника і присадний матеріал (пруток) здійснюють одночасно два рухи: один – вздовж осі зварювального шва, другий – коливальний рух поперек осі шва. При цьому кінець присадного матеріалу рухається в напрямку, протилежному руху мундштука.

Діаметр прутка або дроту приймають від способу зварювання

$$\text{лівому } d = \frac{h}{2} + 1, \text{ мм; } \text{правому } d = \frac{h}{2} + 2. \quad (6.7)$$

### 6.3.3. Механізоване зварювання і наплавлення

Механізація зварювально-наплавлювальних робіт забезпечує кращу продуктивність і якість робіт порівняно з ручним. Відповідно до ступеня механізації їх поділяють на автоматичні і напівавтоматичні способи.

Автоматичним називають наплавлення (зварювання), при якому механізовано процес подачі електродного дроту в зону горіння дуги і переміщення деталі відносно електродного дроту (наплавлювальної головки, пальника) або електродного дроту відносно деталі.

Напівавтоматичним називають наплавлення (зварювання), при якому механізовано процес подачі електродного дроту в зону горіння дуги, а переміщення деталі відносно електродного дроту проводять вручну.

На ремонтних підприємствах отримали розповсюджене застосування механізовані способи зварювання і наплавлення під шаром

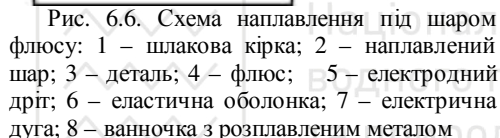


Рис. 6.6. Схема напавлення під шаром флюсу: 1 – шлакова кірка; 2 – напавлений шар; 3 – деталь; 4 – флюс; 5 – електродний дріг; 6 – еластична оболонка; 7 – електрична дуга; 8 – ванночка з розплавленим металом

Фізико-механічні властивості наплавленого шару залежать від марки електродного дроту, флюсу і режимів наплавлення.

Для ремонту деталей застосовують низьковуглецеві, вуглецеві, леговані і високолеговані дроти діаметром 1-3 мм. Крім дроту суцільного перерізу застосовують і порошкові.

Флюси, за способом виготовлення, поділяються на плавлені, керамічні і флюсосуміші.

Плавлені флюси виготовляють сплавленням компонентів, наступним їх подрібненням і гранулюванням. До складу таких флюсів входять шлакоутворювальні, газоутворювальні та іонізуючі речовини та розкислювачі.

Для приготування керамічних флюсів механічну суміш всіх необхідних компонентів подрібнюють, просіюють і змішують у заданих співвідношеннях, додаючи рідке скло. Одержану масу гранулюють,

Суть автоматичного наплавлення під шаром флюсу (рис. 6.6) полягає в наступному. Між деталлю 3 і електродним дротом 5, з'єднаними з полюсами джерела живлення, виникає електрична дуга 7. В зону горіння дуги подається флюс 4. Під дією високої температури дуги відбувається плавлення металу деталі, електроду і частини флюсу. Плавлення флюсу супроводжується утворенням на поверхні еластичної оболонки 6, яка надійно захищає всю зону наплавлення від шкідливої дії повітря, запобігає роз-



сушать і витримують при температурі 300-400 °С протягом 2 год. До складу таких флюсів, крім стабілізуючих і шлакоутворювальних компонентів входять і легуючі.

Флюсосуміші складаються з плавлених флюсів з додаванням чавунної стружки, графіту і феросплавів.

Якість наплавленого металу суттєво залежить від вибору режимів процесу.

Зварювальний струм  $I_{зв}$  і напругу  $U$  джерела живлення вибирають за емпіричними формулами

$$I_{зв} = 40\sqrt[3]{D}, \text{ А} \quad (6.8)$$

$$U = 21 + 0,04 \cdot I_{зв}, \text{ В} \quad (6.9)$$

де  $D$  – діаметр деталі, мм.

Важливим показником, який характеризує питоме значення швидкості наплавлення, служить коефіцієнт наплавлення  $\alpha_n$

$$\alpha_n = 2,3 + 0,065 \cdot \frac{I_{зв}}{d}, \text{ г/(А·год.)} \quad (6.10)$$

де  $d$  – діаметр електродного дроту, мм.

Швидкість переміщення дуги, або швидкість наплавлення  $V_n$ , обумовлюється шириною і глибиною валиків і може бути вибрана за формулою

$$V_n = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{F \cdot \gamma \cdot 100}, \text{ м/год.} \quad (6.11)$$

де  $F$  – площа поперечного перерізу наплавленого валика, см<sup>2</sup>;

$\gamma$  – густина металу шва, г/см<sup>3</sup>.

Швидкість подачі електродного дроту  $V_e$  розраховується за формулою

$$V_e = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{зв}}{\pi \cdot \gamma \cdot d^2}, \text{ м/год.} \quad (6.12)$$

Крок наплавлення  $s_n$  визначається перекриттям валиків і приймають рівним

$$s_n = (2 - 2,5) \cdot d, \text{ мм} \quad (6.13)$$

Виліт електродного дроту  $H$  впливає на електричний опір мережі і приймають рівним

$$H = (10 - 15) \cdot d, \text{ мм} \quad (6.14)$$

Вибрані режими уточнюються в процесі пробних наплавлень. Якість останніх можна покращити застосуванням додаткових захисних середовищ.

Дугове зварювання і наплавлення в середовищі захисних газів широко застосовуються завдяки технічним і економічним перевагам. Процес має більшу продуктивність на 25-30 %, порівняно з наплавленням під шаром флюсу, легко механізується і автоматизується.

В якості захисних газів застосовують аргон і гелій (для зварювання всіх металів), азот (для зварювання міді і її сплавів), вуглекислий газ (для зварювання сталі і чавуну).

Процес знаходить застосування для зварювання тонколистових сталей, шпонкових пазів, наплавлення спрацьованих деталей циліндричної форми, спрацьованих шліцьових валів, при усуненні дефектів різьби.

Суть способу полягає в тому, що електрична дуга горить в середовищі вуглекислого газу, який, витісняючи повітря, захищає від його шкідливого впливу розплавлений метал зварювальної ванни (рис. 6.7).

Крім того вуглекислий газ розкладається при високій температурі дуги і окислює розплавлений метал:

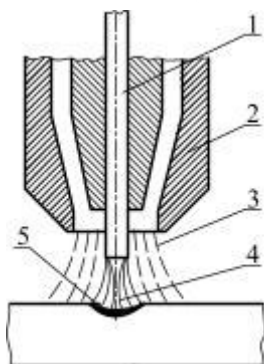
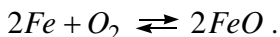
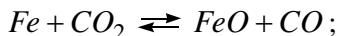
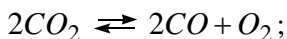
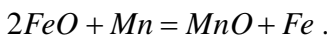
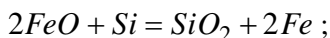


Рис. 6.7. Схема наплавлення деталі в середовищі захисного газу: 1 – електродний дріт; 2 – пальник; 3 – струмінь вуглекислого газу; 4 – електрична дуга; 5 – ванночка з розплавленим металом



Ці процеси супроводжуються інтенсивним вигоранням вуглецю, легуючих елементів, появою пор у наплавленому шарі. Для усунення цього явища рекомендується застосовувати електродний дріт, що містить кремній і марганець, за допомогою яких відбувається розкислення наплавленого металу і видалення окислів із зварювальної ванни:





Електродний дріт і вуглекислий газ подають в зону горіння дуги через газоелектричний пальник. При напівавтоматичному зварюванні механізована тільки подача електродного дроту, а газоелектричний пальник переміщують вручну. Автоматичне наплавлення застосовують для ремонту деталей з вуглецевих, низьколегованих і деяких марок легованих сталей, а також з чавуну. Наприклад, для наплавлення спрацьованих поверхонь деталі циліндричної форми застосовують токарний верстат із зниженими обертами шпинделя. Деталь встановлюють в центри токарного верстата. Механізм подачі електродного дроту разом з касетою встановлюють на супорті токарного верстата, разом з яким вони здійснюють в процесі наплавлення позовжне переміщення.

До комплекту газової апаратури входять балон з вуглекислим газом (тиск 7,5 МПа), редуктор для зниження тиску до робочого (0,12-0,15 МПа), підігрівач, осушувач, витратомір.

Наплавлення у середовищі вуглекислого газу виконують на постійному струмі зворотної полярності. Марку електродного дроту вибирають залежно від матеріалу відновлюваної деталі і потрібних фізико-механічних властивостей. Рекомендується застосовувати дроти діаметром 0,5-2,5 мм марок Св-08Г2С, Св-08ХГСМА, Нп-30ХГСА та ін.

На якість наплавленого шару впливають також режими наплавлення (табл. 6.4).

Таблиця 6.4

## Режими наплавлення в середовищі вуглекислого газу

Діаметр деталі, мм	Діаметр електрода, мм	Сила струму, А	Напруга, В	Швидкість наплавлення, м/год.	Витрата $CO_2$ , л/год.
10	0,8	70	16	40	360
20	1,0	85	18	40	360
30	1,2	90	19	35	360
40	1,4	110	20	30	480

До недоліків даного способу відносять: значні втрати електродного матеріалу до 8-15 %, зниження міцності втоми відновлюваних деталей на 10-50 %.

Широке розповсюдження отримав спосіб відновлення деталей вібродуговим наплавленням.

Процес наплавлення на токарному верстаті здійснюється насту-

пним чином (рис. 6.8). Деталь, яка підлягає ремонту, встановлюють в центрах, а наплавлювальну головку – на супорті верстата. Електродний дріт 6 роликami 2 подається з касети 1 через вібруючий мундштук 5. Поздовжня вібрація електродного дроту разом з мундштуком здійснюється за допомогою вібратора 3 і пружини 4.

При дотиканні з поверхнею деталі 7 дріт оплавляється під дією імпульсних електричних розрядів від джерела живлення 10. Частота повторення імпульсів рівна частоті коливання електродного дроту. Підвищення стабільності процесу досягається індуктивним опором (дроселем) 9. Для охолодження деталі насосом 11 через канал і резервуара-відстійника 8 подається охолоджувальна рідина.

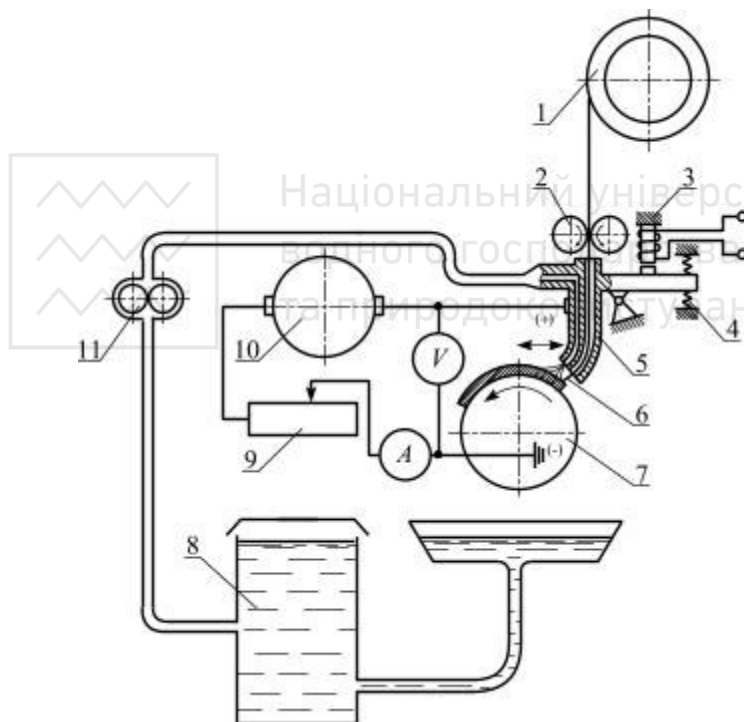


Рис. 6.8. Принципова схема установки для вібродугового наплавлення: 1 – касета; 2 – ролик; 3 – вібратор; 4 – пружини; 5 – мундштук; 6 – електродний дріт; 7 – деталь; 8 – резервуар-відстійник; 9 – дросель; 10 – джерело струму (зварювальний перетворювач); 11 – насос

Даним способом відновлюють шийки колінчастих валів, розподільчі вали, хрестовини карданів та інші деталі.



Для вібродугового наплавлення сталей використовують електродний дріт марок Нп-40, Нп-50, Нп-65Г, Нп-30ХГСА діаметром 1,4-1,8 мм. У випадку наплавлення деталей з ковкого і сірого чавуну застосовують дріт марок Св-10ГА і Св-08.

Режими наплавлення вибирають відповідно до необхідної товщини шару (табл. 6.5).

Таблиця 6.5

Режими вібродугового наплавлення

Товщина наплавленого металу $t$ , мм	0,3-0,9	1,0-1,6	1,8-2,5
Рекомендований діаметр електрода $d_{\partial p}$ , мм	1,6	2,0	2,5
Рекомендована напруга джерела живлення $U$ , В	12-15	15-20	20-25

Силу струму  $I$  визначають за його густиною, користуючись формулою:

$$I = F_{\partial p} \cdot D_a = 0,785 \cdot d_{\partial p}^2 \cdot D_a, \text{ А} \quad (6.15)$$

де  $F_{\partial p}$  – площа поперечного перерізу дроту, мм<sup>2</sup>;

$D_a$  – густина струму, А/мм<sup>2</sup>.

Швидкість подачі електродного дроту  $V_{\partial p}$  визначають за формулою

$$V_{\partial p} = \frac{0,1 \cdot I \cdot U}{d_{\partial p}^2}, \text{ м/год.} \quad (6.16)$$

де  $I$  – сила струму, А

$d_{\partial p}$  – діаметр електродного дроту, мм.

Швидкість наплавлення  $V_n$  визначають за формулою

$$V_n = \frac{0,785 \cdot d_{\partial p}^2 \cdot V_{\partial p}}{t \cdot s_n} K_1 \cdot K_2, \text{ м/год.} \quad (6.17)$$

де  $s_n$  – крок наплавлення, мм/об;

$K_1$  – коефіцієнт переходу електродного матеріалу в наплавлений метал,  $K_1=0,8-0,9$ ;

$K_2$  – коефіцієнт відхилення площі перерізу наплавленого шару від розрахункового,  $K_2=0,8-0,95$ .

Крок наплавлення  $s_n$  визначають за формулою

$$s_n = (1,6 - 2,2) \cdot d_{\partial p}, \text{ мм} \quad (6.18)$$

Амплітуда коливань електрода  $A$ 

$$A = (0,75 - 1,0) \cdot d_{op}, \text{ мм} \quad (6.19)$$

Виліт електродного дроту впливає на електричний опір мережі і приймають рівним

$$H = (5 - 8) \cdot d, \text{ мм} \quad (6.20)$$

#### 6.4. Газотермічне напilenня

Відновлення деталей газотермічним напilenням (ще називають металізацією) полягає у нанесенні частинок розплавленого металу розміром від 3 до 300 мкм високошвидкісним струменем спеціального газу або повітря із швидкістю 100-300 м/с на попередньо підготовлену поверхню. При ударному контакті з поверхнею частинки деформуються, заповнюють всі нерівності поверхні, зчіплюються як з основним металом, так і з частинками, які наносяться в подальшому. Нагрівання вихідного матеріалу (дріт або порошок) до рідкого або пластичного стану здійснюється ацетиленокисневим полум'ям, електричною дугою або струменем високої частоти.

Внаслідок того, що в процесі металізації подається велика кількість повітря, частинки під час удару швидко охолоджуються, тим самим значно зменшуючи нагрівання основного металу не піддаючи його структурним змінам.

Газотермічним напilenням відновлюють і зміцнюють зношені деталі, підвищують їх корозійну стійкість і антифрикційні властивості поверхонь. Покриття наносяться з різних металів і сплавів як на металічну, так і на неметалічну основу будь-якої конфігурації товщиною від 0,1 до 10 мм.

Рекомендують відновлювати посадочні місця під підшипники кочення, сталених валів, які працюють в добрих умовах мащення і без значних ударних навантажень (вали вентиляторів, корінні шийки колінчастих валів), а також під час ремонту тріщин корпусних деталей в невідповідальних частинах відливків (в головках циліндрів, в сорочках охолодження блоків циліндрів і т.п.).

Структура нанесеного покриття відрізняється від структури основного металу. Покриття має неоднорідну пористу структуру, характеризується підвищеною крихкістю при порівняно високій твердості. Для підвищення міцності зчеплення попередньо напilenню шар із спеціальних матеріалів, а також шляхом оплавлення напilen-





ного шару. Наявність пор в напиленому шарі покращує умови мащення спряжених деталей. Мастило проникає в пори і в певній мірі стабілізує масляну плівку.

Відновлені деталі газотермічним напиленням мають ряд суттєвих переваг відносно інших способів відновлення, а саме:

1 – структура і властивості основного металу деталі не змінюється, оскільки процес протікає при температурі не більше 200 °С;

2 – нанесення значного шару нарощуваного металу (до 10-15 мм на сторону), що має суттєве значення для деталей, які мають значне спрацювання;

3 – отримання покриттів з широким спектром заданих властивостей за рахунок вибору матеріалів і технологічних режимів відновлення;

4 – можливість нанесення покриттів як на металеву, так і неметалеву основу;

5 – можливість застосування технологічного процесу в різних виробничих умовах;

6 – процес легко механізувати, що забезпечує високу якість покриття з одночасним підвищенням продуктивності.

До основних видів газотермічного напилення, залежно від джерела теплової енергії для розплавлення металу, відносяться електродугове, газополуменеве, плазмове і детонаційне.

При електродуговій металізації процес розплавлення металу здійснюється внаслідок горіння електричної дуги між двома електродними дротами з одночасною подачею стиснутого повітря, струменем якого розпилюється розплавлений метал і наноситься на поверхню відновлюваної деталі.

Установка (рис. 6.9) для електродугового газотермічного напилення деталей циліндричної форми складається з металізаційного апарата, закріпленого на супорті токарного верстата. Привідним механізмом приводяться в дію ролики 5, які подають з певною швидкістю дріт 3 з котушок 2 до направляючих наконечників 6. Електродні дроти з'єднані з електричним джерелом живлення 1. Під час подачі дротів у точках їх зближення виникає електрична дуга, яка розплавляє метал. Останній стиснутим повітрям або інертним газом, який подається крізь трубку 4 переноситься на поверхню деталі 7. Струмінь стиснутого повітря сприяє витягуванню дуги і тим самим запобігає приварюванню дроту між собою.

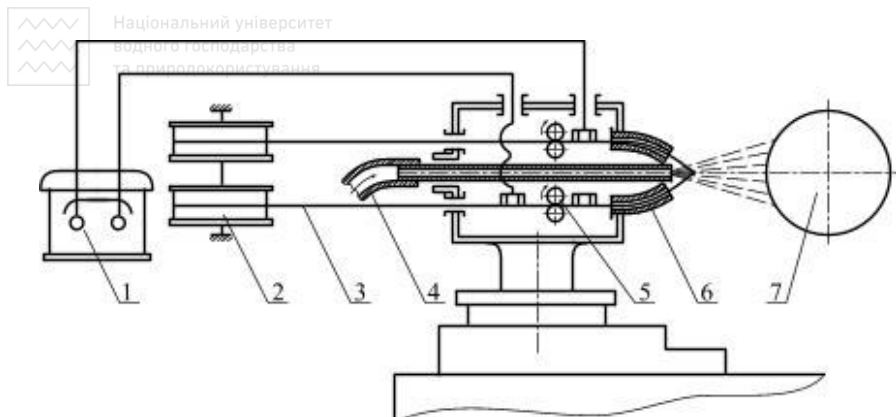


Рис. 6.9. Схема установки для электродугового газотермического напыления: 1 – джерело живлення; 2 – котушки; 3 – електродний дріт; 4 – трубка для подачі стиснутого інертного газу; 5 – ролики; 6 – напрямні наконечники; 7 – деталь

Більш прогресивним способом є високочастотна металізація, для якої використовуються спеціальні розпилювальні головки (рис. 6.10). Метал дроту 2 розплавляють струмами високої частоти за допомогою високочастотного індуктора 5 і наносять на поверхню деталі 7 струменем стиснутого повітря або інертного газу.

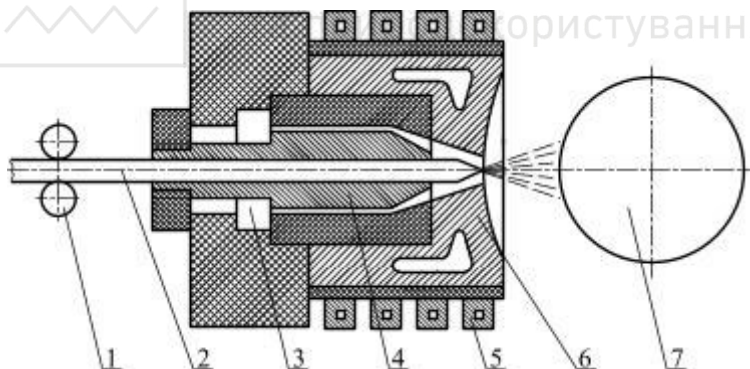


Рис. 6.10. Схема розпилювальної головки високочастотного металізатора: 1 – механізм подачі електродного дроту; 2 – електродний дріт; 3 – камера стиснутого інертного газу; 4 – направляючий наконечник; 5 – індуктор; 6 – концентратор вихрових струмів з водяним охолодженням; 7 – деталь

В процесі газополуменового напылення, плавлення порошкового матеріалу або дроту відбувається під дією тепла, яке виділяється під час згоряння суміші кисню і горючого газу (ацетилен, пропан-бутан тощо). Струмінь стиснутого повітря або інертного газу, оточений



нагрівальним полум'ям, розпилює матеріал у вигляді дрібних частинок на підготовлену поверхню.

Дріт подається в середину газового полум'я вздовж його осі механізмом подачі електродного дроту (рис. 6.11). Подача порошкового матеріалу здійснюється безпосередньо в факел полум'я під дією сили ваги або за допомогою транспортувального газу.

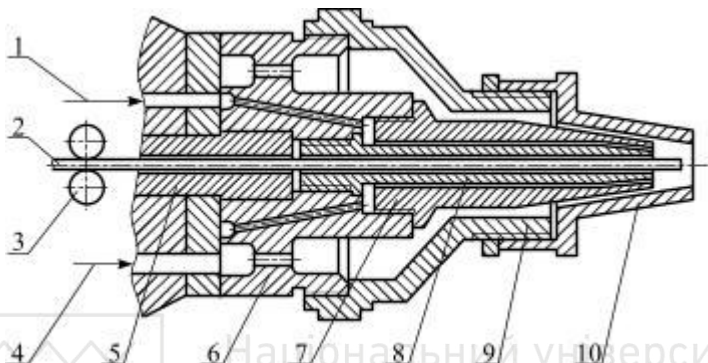


Рис. 6.11. Схема розпилювальної головки для газополум'яного наплення за допомогою дроту: 1 – подача горючого газу з киснем; 2 – дріт; 3 – ролики для подачі дроту; 4 – подача стиснутого повітря; 5 – штуцер; 6 – газозмішувач; 7 – газовий конус; 8 – сопло; 9 – повітряний ковпак; 10 – розпилювальна головка

Плазмове наплення полягає у тому, що метал, розплавлений плазмовим струменем розпилюється і наноситься на відновлювану поверхню тими ж газами, які застосовуються для плазмоутворення і захисту.

В спеціальних плазмотронах плазма утворюється за рахунок продування газу через електричну дугу. В циліндричний корпус плазмотрона (рис. 6.12) вмонтований електрод з тугоплавким наконечником (з вольфраму). Для збудження електричної дуги міжелектродний проміжок замикають, як правило, короточасним високочастотним іскровим розрядом високої напруги. Одночасно в камеру плазмотрона подають під тиском плазмоутворювальний газ. В результаті цього в камері плазмотрона починається процес стійкого горіння дуги з виділенням значної кількості тепла. Газ нагрівається, іонізується і виходить з сопла плазмотрона у вигляді плазмового струменя.

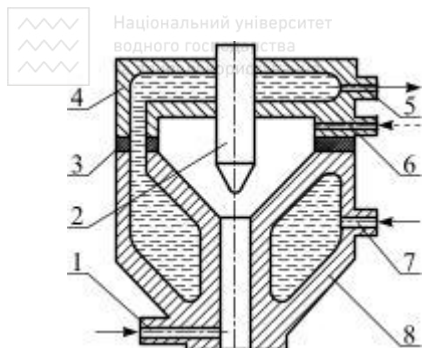


Рис. 6.12. Схема плазмотрона: 1 – отвір для подачі порошку; 2 – електрод; 3 – ізолююча прокладка; 4 – корпус; 5, 7 – отвори для входу і виходу води; 6 – отвір для входу газу; 8 – сопло

В якості плазмуутворювальних газів служать аргон, азот, гелій, а в якості присадних матеріалів – електродний дріт або спеціальні порошки.

Для запобігання руйнування плазмотрона сопло і камера охолоджується проточною водою крізь сорочку охолодження.

Катодом служить електрод. Анодом – деталь, сопло, деталь і сопло одночасно. В першому випадку плазмова дуга називається відкритою, в другому – закритою і в третьому – комбінованою.

Плазмове напилення застосовують для нанесення покриттів з різноманітними захисними властивостями шляхом нанесення тугоплавких металів, твердих сплавів або окислів металів, а також неметалевих матеріалів з високою температурою плавлення.

Детонаційне напилення металу проводиться на спеціальній установці з використанням енергії, яка виділяється під час миттєвого згоряння вибухової суміші (рис. 6.13).

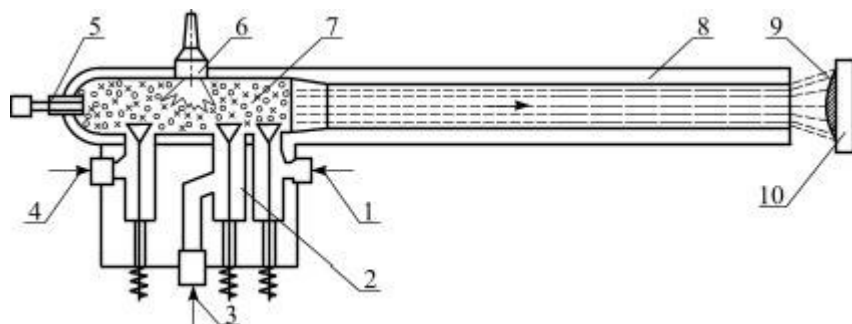


Рис. 6.13. Схема детонаційної установки: 1 – подача кисню; 2 – змішувальна камера; 3 – подача ацетилену або пропан-бутанової суміші; 4 – подача азоту або повітря; 5 – порошковий живильник; 6 – запальний пристрій; 7 – робоча камера; 8 – охолоджувальний водою ствол; 9 – напилене покриття; 10 – деталь

В роботу (вибухову) камеру установки 3 подають точно виміряну кількість вибухової суміші (ацетилен і кисень або пропан-бутан і кисень) і зважених частинок порошкового матеріалу. Суміш пода-



ється з балонів через змішувальну камеру 2. Порошок транспортується газом (азотом або повітрям) з живильника 5. За допомогою запалювального пристрою 6 суміш запалюється. З робочої камери полум'я розповсюджується вздовж ствола 8. Продукти детонації виносять із собою частинки порошку, який крім кінетичної енергії отримує і тепло. Вдаряючись в поверхню деталі, частинки порошку утворюють щільний шар покриття.

Для всіх видів газотермічного напилення технологічний процес складається з таких основних операцій: підготовка поверхонь деталей до напилення, нанесення покриття і обробка деталі після нанесення.

Підготовка поверхні деталі до напилення складається з наступних операцій: очищення і знежирювання від бруду, масляних і смолистих відкладень; обробка поверхні для надання необхідної шорсткості; захист поверхонь, які не підлягають обробці.

Для очищення від забруднень застосовують миття у синтетично-мийних розчинах з наступним знежирюванням за допомогою розчинників. Особливу увагу звертають на очищення отворів, каналів, канавок і т.д.

Проводять попередню механічну обробку для виправлення геометрії відновлюваної поверхні і забезпечення необхідної товщини напиленого шару з урахуванням припуску на обробку. Вибір способу обробки залежить від форми і поверхневої твердості деталі, розміру і характеру спрацювання, умов її роботи.

Достатня міцність зчеплення з основою деталі досягається створенням необхідної шорсткості поверхні, яка може бути виконана наступними способами: струменево-абразивною обробкою, нарізанням „рваної” різьби, накатуванням тощо.

Струменево-абразивну обробку проводять в спеціальних камерах різних моделей. Рекомендований режим обробки: тиск стиснутого повітря – 0,3-0,6 МПа; відстань сопла до поверхні деталі – 50-100 мм; кут нахилу струменя абразиву до поверхні – 45-70°. В якості абразивних матеріалів застосовують електрокорунд або металевий дріб. Поверхня деталі, оброблена струменем абразиву, повинна мати рівномірний матовий відтінок. Шорсткість поверхні після обробки повинна становити 10-60 мкм залежно від матеріалу деталі.

„Рвану” різьбу (рис. 6.14) нарізають на токарному верстаті при вильоті різьбового різця не менше 70-100 мм і вертикальному змі-



щенні різальної кромки на 1,5-5 мм в залежності від діаметру деталі. Частота обертання деталі – 130-140 хв<sup>-1</sup>.

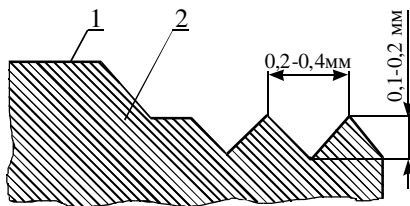


Рис. 6.14. Підготовка поверхні методом нарізання „рваної” різьби: 1 – зняття спрацьованого шару; 2 – підготовка поверхні зчеплення

Поверхні деталі, які не підлягають відновленню, захищають щільним картоном або кожухами з листової сталі. Отвори, пази, шпонкові канавки закривають графітовими пробками або різноманітними заглушками.

Поверхні деталі, на які наноситься покриття, і прилеглі до неї ділянки на відстані 15-20 мм додатково знежирюють розчинником і протирають матерією або обдувають стиснутим повітрям. Для уникнення окислення поверхні, час між підготовкою до напilenня і самим напilenням не повинен перевищувати 2 год.

Циліндричні поверхні деталей напilenню на токарних верстаках, а плоскі – в спеціальних камерах. Для кожного способу газотермічного напilenня встановлені рекомендовані режими нанесення покриттів, які впливають на зносостійкість і твердість покриття.

Порівняно з іншими способами напilenня плазмова металізація відрізняється підвищеною продуктивністю і дозволяє отримувати покриття з незначною пористістю і низьким вмістом окислів. Міцність зчеплення майже в 2 рази перевищує міцність зчеплення при газовому напilenні.

Для різних груп деталей розроблені рекомендації з вибору оптимального способу газотермічного напilenня (табл. 6.6).

Відновлені поверхні деталі підлягають контролю. З метою виявлення дефектів сколювань, відшарувань проводять контроль зовнішнім оглядом. Вимір товщини напilenого покриття здійснюють за допомогою вимірювальних інструментів (штангенциркуль, мікрометр, товщиномір та ін.). Додатково визначають експлуатаційні характеристики: міцність зчеплення, пористість, твердість, корозійну стійкість і ряд інших спеціальних властивостей залежно до призначення покриття.



Таблиця 6.6

Рекомендовані способи газотермічного напилення (ГТН) для  
відновлення різних груп деталей

Групи деталей	Відновлювальні поверхні	Матеріал деталі	Спосіб ГТН*
Корпусні деталі автотракторних двигунів	Площини, посадочні отвори під підшипники	Чавун СЧ 18-36	ПМО+ГПН; ПЕП+ПН (ДН)
		Сплави алюмінію	ПМО+ПН (ЕДН); ПМО+ГПН ЕП
Гільзи циліндрів автотракторних двигунів	Посадочні пояски, дзеркало циліндра	Чавун модифікований	ПМО+ГПН; ПЕП+ПН (ДН)
Головки блока автотракторних двигунів	Площини, гнізда клапанів	Чавун	ПМО+ГПН; ПЕП+ПН (ДН)
		Сплави алюмінію	ПМО+ПН (ЕДН); ПМО+ГПН ЕП
Колінчасті вали автотракторних двигунів	Поверхні шийок	Сталь 50Г, 50ХФА, 45, 40Х.	ПМО+ЕДН; ПЕП+ПН
Шестерні, шліцеві вали	Зуби шестерень, шліци	Якісні сталі	ПМО+ПН; ПМО+ГПН (ЕДН) ПЕП+ЕДН (ПН)
Робочі органи ґрунтообробних машин	Робочі поверхні	Якісні сталі	ПМО+ЕДН; ПЕП+ПН

\* Примітка. ПМО – підготовка поверхні, механічна обробка; ГПН – газополуменеве напилення; ЕДН – електродугове напилення; ПН – плазмове напилення; ДН – детонаційне напилення; ПЕП – підшарок з екзотермічного порошку; ЕП – екзотермічний порошок.

За необхідності напилений шар піддають звичайній механічній обробці.

### 6.5. Відновлення деталей гальванічними покриттями

Ремонт деталей гальванічними покриттями полягає в електролітичному осадженні металу на попередньо підготовлену поверхню. Суть електролітичного нарощення металу полягає у наступному. В ванну 1 (рис. 6.16) заливають електроліт 2. Для здійснення електролітичного осадження металу в електроліт вводять металеві провід-



ники (електроди), з'єднані з джерелом електричного струму. Електрод, з'єднаний з додатнім полюсом джерела струму, називається анодом 3, а електрод, з'єднаний з від'ємним полюсом – катодом 5.

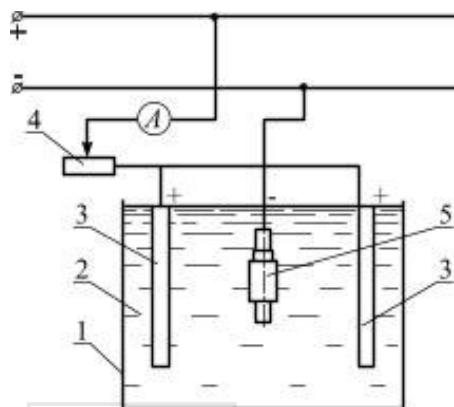


Рис. 6.16. Схема установки для електролітичного осадження металу: 1 – ванна; 2 – електроліт; 3 – анод; 4 – реостат; 5 – катод (деталь)

Під час проходження постійного електричного струму відбувається процес електролізу. Позитивно заряджені іони (катіони) починають рухатися до катода 5, а негативно заряджені іони (аніони) – до анода 3. Катодом виступає деталь, а анодом – металеві пластини, стержні або інші конструктивні форми.

В процесах з нерозчинними анодами (наприклад, при хромуванні) на катоді (деталі) осаджується метал (хром), отриманий за рахунок дисоціації електроліту, який містить солі хрому у вигляді хромового ангідриду. Поповнення електроліту іонами металу відбувається шляхом додавання в електроліт речовини, яка містить цей метал.

В процесах з розчинними анодами (наприклад, при залізненні) осаджуваний на деталі метал отримується додатково за рахунок розчинення анода, який виготовляється з цього металу.

Слід мати на увазі, що властивості нанесених гальванічних покриттів (металів) відрізняються від властивостей тих же металів, одержаних металургійним шляхом.

Параметри, які характеризують електроліз, ґрунтуються на законах Фарадея і визначають основні технологічні режими електролітичних покриттів.

Теоретична маса речовини  $m_m$ , яка виділяється на катоді, пропорційна кількості електроенергії, яка пройшла через електроліт

$$m_m = c \cdot I \cdot t, \text{ г} \quad (6.21)$$

де  $c$  – електрохімічний еквівалент речовини, яка виділяється на катоді, г/(А·год.);





$I$  – сила струму, А;

$t$  – тривалість електролізу, год.

Відношення дійсної кількості отриманого металу ( $m_o$ ) до теоретично можливого називається виходом металу за струмом  $\eta$

$$\eta = \frac{m_o}{m_m} \cdot 100, \% \quad (6.22)$$

Умови електролізу обумовлюються складом і концентрацією електроліту і режимом процесу. Останній характеризується основним показником – густиною струму  $D$

$$D = \frac{I}{S}, \text{ А/дм}^2 \quad (6.23)$$

де  $I$  – сила струму, А

$S$  – площа поверхні електрода, дм<sup>2</sup>.

Розрізняють катодну  $D_k$  та анодну  $D_a$  густина струму.

Товщина осадженого металу на катоді  $h$  описується залежністю

$$h = \frac{c \cdot D_k \cdot t \cdot \eta_k}{1000 \cdot \gamma}, \text{ мм} \quad (6.24)$$

де  $\gamma$  – густина осадженого металу, г/см<sup>3</sup>.

Розмірність параметрів:  $c$  – г/(А·год.);  $D_k$  – А/дм<sup>2</sup>;  $t$  – год.;  $\eta_k$  – %.

Розрізняють способи нанесення гальванічних покриттів в стаціонарних ваннах або в обортових барабанах та безваннового.

Стаціонарна ванна виконується у вигляді ємності прямокутної форми і має нагрівальний пристрій (за необхідності), катодні та анодні штанги, бортові відсмоктувальні трубки для видалення шкідливих випаровувань. Внутрішня поверхня ванни футерується кислотостійкими матеріалами.

Для безваннового способу створюють місцеву електролітичну комірку (ванночку) для поверхні, яка підлягає покриттю (рис. 6.17). Деталь і анод підключають до джерела струму.

Для інтенсифікації процесу нанесення гальванічного покриття електроліт можуть прокачувати насосом з визначеною швидкістю через простір між поверхнею, яку покривають і анодом (проточний спосіб) або подавати струминами в простір між електродами крізь отвори спеціальної насадки (струминний спосіб).

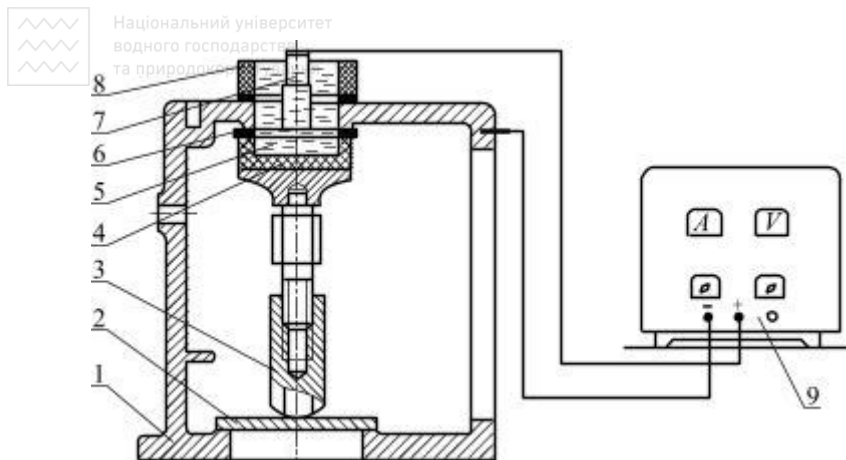


Рис. 6.17. Схема місцевого залізнення: 1 – деталь; 2 – підставка; 3 – розсувна розпірка; 4 – стакан; 5 – електроліт; 6 – ущільнення; 7 – анод; 8 – кільце; 9 – випрямляч

Спосіб електролітичного натирання полягає в тому, що електричне осадження відбувається під час проходження постійного струму через невелику ванночку, яка утворюється в зоні контакту деталі з анодом, оберненим адсорбуючим, просоченим електролітом матеріалом (рис. 6.18). Продуктивність процесу і якість покриття підвищується за рахунок постійного поповнення електроліту і обертання анода.

Технологічний процес нанесення гальванічних покриттів включає наступні операції: підготовки поверхні основного металу, нанесенні гальванічного покриття і наступної обробки.

Підготовка поверхні основного металу є відповідальною і трудомісткою операцією, від якої залежить якість отриманого покриття. Крім того під час вибору операцій підготовки поверхні необхідно враховувати призначення деталей, умови і термін їх експлуатації.

Для видалення з поверхні слідів спрацювання і надання їй необхідної шорсткості проводять механічну обробку. До видів механічної підготовки поверхні деталей перед нанесенням покриття відносять: шліфування і полірування, галтування, крацювання, струминну обробку піском або дробом.

Шліфування – обробка поверхні деталей абразивними інструментами.

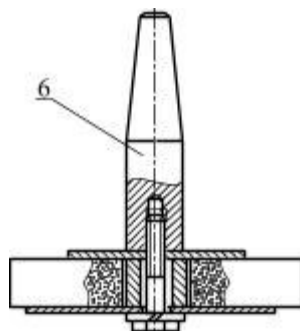
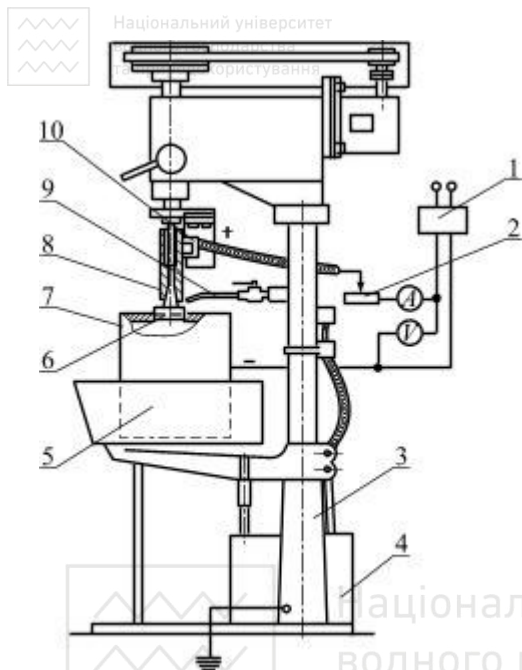


Рис. 6.18. Схема електролітичного натирання обертовою анодною головкою: 1 – випрямляч; 2 – реостат; 3 – свердильний верстат; 4 – установка для подачі електроліту; 5 – піддон; 6 – анодна головка; 7 – деталь; 8 – патрон; 9 – кран для подачі електроліту; 10 – щікотримач

Полірування – видалення найменших нерівностей поверхні до отримання дзеркального блиску в результаті перерозподілу виступаючих частинок металу в заглиблення за рахунок теплоти, що виділяється під час тертя.

Галтування – спосіб очищення деталей і оброки їх поверхні (видалення окалини, задирок, нерівностей), який полягає у повільному перекочуванні деталей разом з абразивними або полірувальними матеріалами.

Крацювання – видалення з поверхні деталі іржі, задирок, травильного шламу, окалини за допомогою металевих щіток. В деяких випадках крацювання застосовують для ущільнення гальванічних покриттів, усунення дефектів покриття і наданню поверхні світлого однорідного блиску.

Струминна обробка піском або дробом полягає в очищенні поверхні деталі сильним струменем піску або дробу за допомогою стиснутого повітря (води) із спеціального апарату.

Важливою підготовчою операцією, яка суттєво впливає на зчеплення покриття з основним металом, є усунення жирних забруднень або оксидних плівок з поверхні деталі.



Знежирюванням видаляють жирові забруднення з поверхні деталі. Жирові забруднення мінерального походження видаляються органічними розчинниками, а жири тваринного і рослинного походження – омиленням в водних розчинах лугів і солей лужних металів.

Знежирювання здійснюється наступними способами: зануренням в рідину з наступним сушінням, обробленням парами розчинників, струменевою обробкою або комбінованим способом.

Для підвищення продуктивності очищення застосовують електрохімічне очищення в лужних розчинах. Суть електрохімічного знежирювання полягає в тому, що на електродах виділяються бульбашки газу (водень при катодному в кисень при анодному знежирюванні), які значно полегшують відривання краплин від поверхні деталі.

Травленням (хімічним або електрохімічним) розчиняють поверхні металів з метою видалення окалини і окислів в розчинах кислот або лугів.

На ремонтних підприємствах травлення застосовують для відновлення спрацьованих деталей залізненням і хромуванням, під час підготовки кріпильних і дрібних деталей для цинкування, очищення дроту для наплавлення від іржі.

Активуванням видаляють з поверхні деталі найтонші шари окислів, які утворюються під час промивання і в проміжках між операціями.

Під час вибору технології нанесення гальванічних покриттів необхідно враховувати призначення і захисні властивості покриттів, умови їх експлуатації і матеріал виробів.

За призначенням гальванічні покриття діляться на три групи: захисні, застосовуються для захисту від корозії (цинкові, свинцеві, кадмієві), захисно-декоративні, застосовуються для надання поверхні красивого зовнішнього вигляду з одночасним захистом від корозії (нікелеві, хромові) і спеціальні (застосовуються для надання поверхні спеціальних властивостей – магнітних, електроізоляційних ті ін. (олов'яні, золоті, срібні). Для отримання поверхні з відповідними фізико-механічними властивостями застосовують нанесення покриттів з проміжними шарами.

Нанесення гальванічного покриття – осадження шару металу на поверхню деталі, а також нанесення оксидної або фосфатної плівки.



В ремонтному виробництві з гальванічних покриттів найчастіше застосовують хромування і залізнєння, рідше – нікелювання і цинкування.

В якості електроліту для хромування використовують розчин хромового ангідриду у воді, підкислений сірчаною кислотою. Склад електролітів і режими роботи наведено в табл. 6.7.

Таблиця 6.7

Склад електролітів і режими роботи хромової ванни залежно від призначення покриття

Призначення покриття	Склад електроліту, г/л води		Режими хромування	
	Хромовий ангідрид ( $\text{CrO}_3$ )	Сірчана кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )	Густина струму, $\text{А/дм}^2$	Температура електроліту, $^\circ\text{C}$
Зносостійке	150-180	1,5-1,8	35-100	55-70
Захисно-декоративне і зносостійке	230-260	2,3-2,6	30-45	50-55
Захисно-декоративне	350-400	3,5-4,0	45-55	15-20

Умовно покриття діляться на наступні види: блискучі, молочні і матові. Блискучі покриття характеризуються високою твердістю, наявністю дрібної сітки тріщин, а також достатньо високою зносостійкістю. Молочні покриття відрізняються пониженою твердістю, підвищеною пластичністю. Матові (сірі) покриття характеризуються високою твердістю і підвищеною крихкістю, яка знижує його зносостійкість. Слід відмітити, що в одному електроліті за рахунок зміни режиму електролізу (густина струму і температури) можна отримати різні хромові покриття.

Процес нанесення хромового покриття складається з операцій завантаження деталей у ванну, витримуванні у ванні при заданих режимах і температурі і вивантаженні. Час витримування у ванні залежить від необхідної товщини покриття.

Зносостійкі хромові покриття наносять безпосередньо на поверхню деталі без додаткового прошарку, товщина такого шару складає 0,4-0,5 мкм.

Захисно-декоративні покриття роблять багат шаровими за схемою: мідь-нікель-хром або нікель-мідь-нікель-хром. Товщина такого покриття складає 1-2 мкм.



Залізнєння застосовують для відновлення сильно спрацьованих сталєних деталей з можливістю осадження заліза товщиною до 2 мм. В деяких випадках проводять попереднє залізнєння чавунних деталей для покращення зчеплення з цинковими та олов'яними покриттями.

Перевагою залізнєння є мала вартість реактивів, а також незначна шкідливість електролітів. Для гальванічного осадження заліза застосовують два види електролітів, які розрізняються за температурою електроліту – холодні (менше 50 °C) і гарячі (понад 50 °C). Гарячі електроліти за складом ділять на три групи: хлористі, сірчанокислі і змішані.

Широко застосовують для залізнєння хлористі електроліти складу (г/л) з режимом залізнєння: залізо хлористе – 200-250, кислота соляна – 2-3, температура – 60-70 °C, густина струму – 20-40 А/дм<sup>2</sup>.

Нікелеві покриття застосовують для захисно-декоративних цілей і підвищення зносостійкості деталей. Електроліти для нікелевих покриттів поділяються на три групи (табл. 6.8): загального призначення, блискучого нікелювання і твердого (зносостійкого) нікелювання.

Таблиця 6.8

Склад електролітів для нікелювання і режими електролізу

Найменування хімікатів і режими електролізу	Загального призначення	Блискучого нікелювання	Зносостійкого нікелювання
Нікель сірчанокислий, г/л	140-220	200-250	140
Натрій сірчанокислий, г/л	50-70	-	-
Магній сірчанокислий, г/л	10-20	-	-
Кислота борна, г/л	20-30	-	-
Натрій хлористий, г/л	5-7	10-12	10
Амоній сірчанокислий, г/л	-	20-25	-
Аміак (25%-вий), г/л	-	250-300	-
Кадмій сірчанокислий, г/л	-	0,1-0,2	-
Амоній шавлевокислий, г/л	-	-	300
Густина струму, А/дм <sup>2</sup>	0,5-2,5	2-6	10
Температура, °C	20-50	20-25	70-85

Цинкові покриття застосовують для покриття кріпильних та інших деталей з метою надання їм високих антикорозійних властиво-



стей. У гальванічній парі залізо-цинк шар цинку виступає анодом і, відповідно, руйнуванню підлягає покриття, а основний метал зберігається.

Цинкування виконують в кислих (сірчаноокислих, борфтористоводневих) і лужних (цинкатних і аміакатних) електролітах.

Кислі електроліти застосовують для покриття деталей простої конфігурації, внаслідок низької здатності до розсіювання. Лужні електроліти застосовують для деталей складної форми.

В ремонтному виробництві найчастіше застосовують сірчаноокислі електроліти складу (г/л): сірчаноокислий цинк – 215, сірчаноокислий алюміній – 30, сірчаноокислий натрій – 50 і декстрин – 10. Процес протікає при кімнатній температурі і густині струму 1-2 А/дм<sup>2</sup>. Товщина цинкових покриттів 15-30 мкм.

Оксидування – окислення поверхневих шарів металевих виробів хімічною, електрохімічною обробкою або впливом повітря при високих температурах. Утворені оксидні плівки захищають вироби від корозії і надають їм декоративний вигляд (оксидні плівки на сталі мають синювато-чорний або фіолетово-чорний колір).

Фосфатування – один з простих і економічних методів захисту чорних металів від корозії. Фосфатна плівка стійка до атмосферних умов, в масляному середовищі та органічних розчинників, але руйнується в лугах і кислотах. Фосфатуванню підлягають вуглецеві і низьковуглецеві сталі, чавун.

Фосфатування деталей з чорних металів здійснюється в розчині солей ортофосфорної кислоти і пов'язано з гідролізом цих солей, який відбувається особливо інтенсивно під час нагрівання.

До операцій обробки гальванічних покриттів відносять: освітлення, пасивування, промаслення, нанесення лакофарбових покриттів, механічна обробка.

Для покращення зовнішнього вигляду покриттів і підвищення корозійної стійкості застосовують їх освітлення і пасивування. Пасивування полягає у зануренні деталі в пасивуючий розчин з утворенням пасивної плівки. В деяких випадках застосовують просочування покриттів маслами або наносять лакофарбові покриття.

При механічній обробці м'які покриття точать, а тверді – шліфують або хонінгують.

Крім основних операцій в технологічний процес нанесення гальванічних покриттів входять і допоміжні операції – промивання і



сушіння. Промивання здійснюють між окремими підготовчими операціями (знежиренням, травленням), а також після нанесення покриття, освітлення і пасивування. Сушіння покращує властивості покриття, запобігає утворенню на поверхні покриття плям.

## 6.6. Відновлення деталей пластичним деформуванням

Для відновлення розмірів деталей, їх форми, покращення фізико-механічних властивостей, зміцнення їх робочих поверхонь, чистової обробки застосовують холодне або з підігрівом пластичне деформування, яке ґрунтується на використанні пластичних властивостей металу – під дією зовнішніх сил деформуватися без порушення цілісності. Об'єм металу деталі залишається постійним, але метал перерозподіляється з неробочих елементів деталей на зношені.

В холодному стані зазвичай відновлюють деталі з низьковуглецевих сталей, кольорових металів і сплавів, а в гарячому – з середньо- і високовуглецевих сталей (температура нагріву рівна 0,7-0,9 температури плавлення). При ремонті деталей обробкою тиском з попереднім підігрівом термічна обробка їх втрачається, тому після ремонту її необхідно відновити для отримання необхідної твердості.

Спосіб ремонту тиском характеризується простотою і доступний в любых умовах виробництва. В деяких випадках цей спосіб є єдино можливим, наприклад, при відновленні форм деформованих деталей. Можливості застосування цього способу залежать в більшості випадків від наявності необхідного запасу матеріалу деталі із забезпечення після її ремонту необхідної міцності. В зв'язку з тим, що в автомобілебудуванні, як і в інших галузях машинобудування, матеріалоємність деталей зменшується, перспективи використання цього способу ремонту в певній мірі звужуються.

В неспеціалізованих ланках ремонтної мережі широко розповсюджені такі способи пластичного деформування, як правка, рихтування, наклеп деталей, а в спеціалізованих – осадження, роздавання, обкатування.

В процесі експлуатації багато деталей (колінчасті і розподільчі вали двигунів, деталі рами, балки передніх осей, півосі, шатуни, клапани) втрачають свою початкову форму внаслідок деформації згину, скручування і жолоблення. Для відновлення їх форми деталі підлягають правці, яку виконують статичним навантаженням або наклепом.





При правці статичним навантаженням (рис. 6.19, а) за допомогою преса або різних пристроїв до деталі прикладають навантаження  $P$  або крутний момент  $M_{кр}$ , співпадаючий з напрямком необхідної деформації  $\delta$ . Зусилля  $P$  для правки валів розраховують за формулою

$$P = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot I \cdot l}{a^2 \cdot b^2}, \text{ Н} \quad (6.25)$$

де  $f$  – стріла прогину вала при правці, мм ( $f = 10 \cdot \delta$ ;  $\delta$  – деформація вала до правки, мм);

$E$  – модуль пружності, МПа;

$I$  – осьовий момент інерції, мм<sup>4</sup>;

$l$  – довжина вала, мм;

$a, b$  – відстань від точки прикладання зусилля до опор, мм.

Сутність правки наклепом (рис. 6.19, б) полягає в тому, що при нанесенні на поверхню деталі великої кількості місцевих ударів в поверхневому шарі виникають напруження стиску, які її випрямляють. Розмір площадок і ступінь наклепу підбирають досвідним шляхом з врахуванням викривлення форми і конструкції деталі. Правка наклепом забезпечує більш високу точність порівняно з правкою під пресом і підвищує втомну міцність відновлюваних деталей. Наклеп проводять ручним або механічним молотком з шаровою головкою.

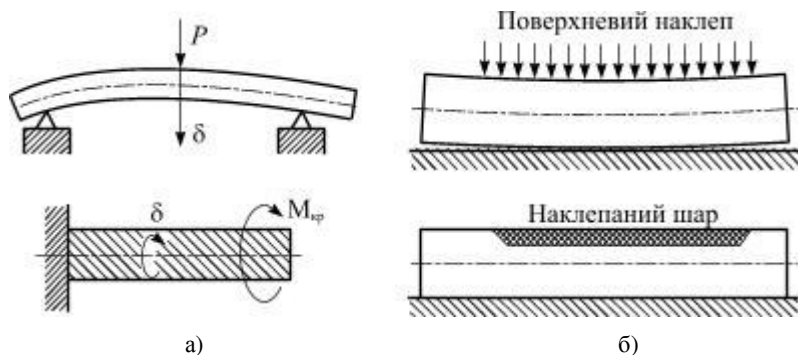


Рис. 6.19. Схема правки деталей статичним навантаженням (а) і поверхневим наклепом (б)

Осадження застосовують для зменшення внутрішнього і збільшення зовнішнього діаметру пустотілих і суцільних деталей. Пере-

розподіл металу приводить до деякого зменшенню їх висоти. При цьому способі напрям діючої сили  $P$  не збігається з напрямом деформації  $\delta$  (рис. 6.20, а). Необхідний питомий тиск  $q$  розраховують за формулою

$$q = \sigma_m \left( 1 + \frac{d}{6 \cdot h} \right), \text{ МПа} \quad (6.26)$$

де  $\sigma_m$  – межа текучості матеріалу деталі, МПа;

$d$  – діаметр деталі, мм;

$h$  – довжина деталі, мм.

Осадженням відновлюють бронзові втулки верхньої головки шатуна, шарові пальці, вилки карданних валів, цапфи валів, осі та ін.

Роздаванням відновлюють зовнішні розміри пустотілих деталей за рахунок збільшення їх внутрішнього діаметру. При цьому способі напрям діючої сили  $P$  збігається з напрямом необхідної деформації  $\delta$  металу (рис. 6.20, б). Роздавання здійснюється за допомогою дорнів, конічних або сферичних прошивок. Питомий тиск  $q$ , який необхідно створити на внутрішній поверхні деталі, визначають за формулою

$$q = 1,1 \cdot \sigma_m \cdot \ln \frac{R}{r}, \text{ МПа} \quad (6.27)$$

де  $R$  і  $r$  – відповідно зовнішній і внутрішній радіус деталі, яку відновлюють, мм.

Роздавання застосовують для відновлення поршневих пальців, трубчастих осей і валів, бронзових втулок.

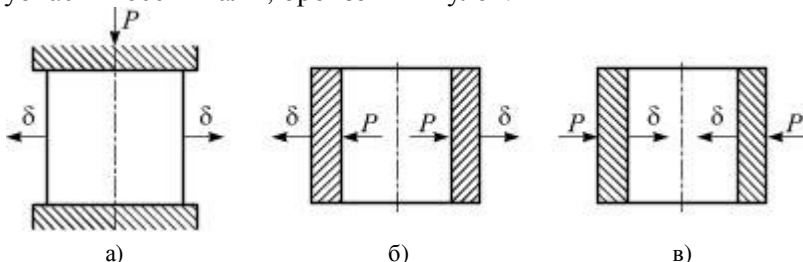


Рис. 6.20. Схема відновлення деталі осадженням (а), раздаванням (б) і обтисканням (в)

Обтисканням відновлюють внутрішній розмір пустотілої деталі зменшуючи розмір зовнішньої поверхні. В даному випадку напрям діючої сили  $P$  збігається з напрямом необхідної деформації  $\delta$  мета-

лу (див. рис. 6.20, в). При обтискуванні відбувається переміщення металу від периферії до центру. Цим способом ремонтують втулки з кольорових металів, конусні отвори рульових сошок, отвори тяг та інші деталі.

При вдавлюванні напрямки прикладеної сили і деформації не збігаються (рис. 6.21, а), як і під час осадження, але не змінюється довжина деталі, оскільки переміщення металу відбувається з неробочої частини деталі у зношену.

Вдавлювання застосовують для ремонту клапанів, компенсації зносу тарілок клапанів, зубів шестерень, шарових пальців.

Відновлення деталей витягуванням застосовують для збільшення довжини деталі за рахунок місцевого (на невеликій ділянці) звуження її поперечного перерізу. При витягуванні напрям деформуючої сили  $P$  не збігається з напрямом деформації  $\delta$  (рис. 6.21, б). Його застосовують для подовження тяг, стержнів, штанг та інших деталей.

Накатування застосовують для збільшення зовнішніх або зменшення внутрішніх розмірів деталей за рахунок перерозподілу металу на поверхні. Напрямок деформуючої сили  $P$  протилежний деформації  $\delta$  (рис. 6.21, в). Цим способом можна відновлювати посадочні місця під підшипники кочення на валах і в корпусних деталях при невеликих на них навантаженнях.

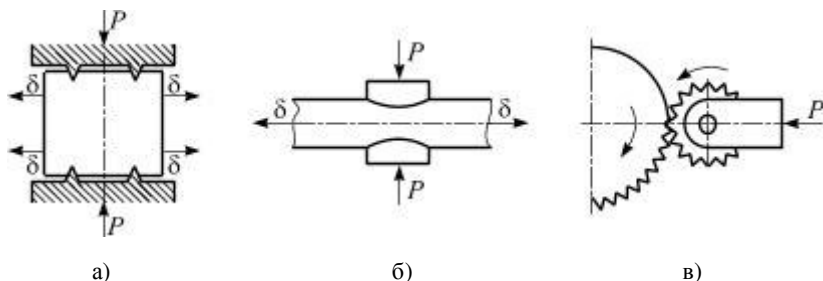


Рис. 6.21. Схема відновлення деталі вдавлюванням (а), витягуванням (б) і накатуванням (в)

Електромеханічний спосіб полягає в пластичному деформуванні інструментом поверхневого шару деталі у поєднанні з тепловою дією електричного струму. Оскільки об'єм високотемпературного нагрівання дуже малий порівняно з масою деталі, то охолодження нагрітого металу (за рахунок відведення тепла всередину деталі)



відбувається з великою швидкістю, викликаючи загартування в локальному об'ємі. Інструментом може служити нерухомо закріплена пластина або ролик.

В ремонтному виробництві електромеханічна обробка набула поширення при відновленні циліндричних поверхонь (опорні шийки валів, поверхні спряження деталей тощо), а також для зміцнення деталей після інших видів обробки.

Технологічний процес відновлення складається з двох операцій: висаджування металу і згладжування посадочної поверхні до певного розміру. При висаджуванні на контактній поверхні утворюється гвинтовий виступ, а при згладжуванні цей виступ зменшується до необхідного розміру, площа контактної поверхні збільшується. Згладжування забезпечує збільшення контактної поверхні спряженої деталі і зниження її шорсткості; збільшення твердості і пружних властивостей контактної поверхні, необхідний натяг спряження і його міцність.

Процес електромеханічної обробки проводять наступним чином. Деталь 5 (рис. 6.22) закріплюється у патроні токарного верстата 4 і підпирається центром задньої бабки 6. До інструменту 7 (ізолюваного), встановленого в різцетримачі супорта верстата, приєднують через клему один кінець проводу від вторинної обмотки 2 трансформатора, а другий – до електроконтактного пристрою 3.

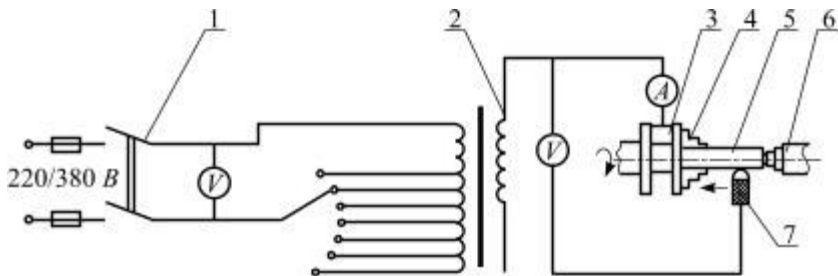


Рис. 6.22. Принципова схема електромеханічної обробки деталі на токарному верстаті: 1 – вимикач; 2 – вторинна обмотка; 3 – струмпідвідний пристрій; 4 – патрон; 5 – деталь; 6 – задня бабка; 7 – тримач з робочим інструментом

Струм від мережі живлення подається на первинну обмотку трансформатора через магнітний пускач. Із вторинної обмотки струм через електроконтактний пристрій і тримач подається у зону контакту деталі з інструментом.



При проходженні струму великої сили (350-1350 А) і малої напруги (2-6 В) в зоні контакту інструменту з деталлю поверхневий шар металу швидко нагрівається до температури 800-900 °С. Під тиском інструменту 1 (рис. 6.23) відбувається місцева деформація поверхні деталі  $D_2$  у вигляді висаджених гребенів діаметром  $D_1$  (поверхня набирає різеподібної форми).

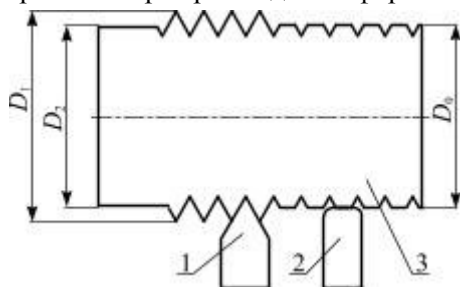


Рис. 6.23. Схема відновлення деталі електромеханічною обробкою: 1, 2 – інструмент для висаджування і згладжування; 3 – деталь;  $D_2$  – діаметр до висаджування;  $D_1$  – діаметр після висаджування;  $D_0$  – діаметр після згладжування

Заміна пластини 1 для висаджування на пластину 2 для згладжування забезпечує деформування поверхні гребенів до початкового розміру  $D_0$ , який не потребує подальшої обробки різанням.

Внаслідок відсутності суцільного контакту в спряженні з деталлю рекомендується деяке збільшення натягу. Коефіцієнт збільшення натягу  $k$  в спряженні можна визначити за формулою

$$k_i = \frac{i_g}{i_n} \quad (6.28)$$

де  $i_g$ ,  $i_n$  – натяг, відповідно, відновленого і нового спряження. Для спряження підшипників кочення з суцільним валом рекомендується  $k = 1,1$ , а з пустотілим –  $k = 1,3$ .

Кількість тепла  $Q$  в місці контакту деталі та інструменту визначається за формулою

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t + \frac{P_0 \cdot v}{102}, \text{ Дж} \quad (6.29)$$

де  $Q_1$  – кількість тепла, виділеного електричним струмом, Дж;

$Q_2$  – кількість тепла, виділеного в результаті механічної роботи, Дж;

$I$  – сила струму, А;

$R$  – опір в місці контакту, Ом;

$t$  – час проходження струму, с;

$P_0$  – зусилля на інструменті, Н;

$v$  – швидкість деформації, м/с.



## 6.7. Зміцнення деталей поверхневим пластичним деформуванням

Надійність роботи машин і обладнання безпосередньо пов'язана з оптимальною якістю поверхневого шару деталей, яка досягається поверхневим пластичним деформуванням. Методи поверхневого пластичного деформування поділяються на статичні та ударні. При статичних методах обробки робоче тіло інструмента діє на оброблювану поверхню з певною постійною силою  $P$ . В ударних методах обробки інструмент, робоче тіло або середовище багаторазово діє на оброблювану поверхню із змінною силою  $P_1$ .

Для підвищення поверхневої твердості деталей, їх зносостійкості, втомної міцності, пружності застосовують наступні способи зміцнення деталей поверхневим пластичним деформуванням: обкочування робочих поверхонь деталей кулями і роликками, алмазне вигладжування, чеканка та ін. (табл. 6.9).

Таблиця 6.9

Основні методи поверхневого пластичного деформування

Методи, ескіз	Методи, ескіз
1	2
Статичні методи	
<b>Зміцнювальне обкочування</b> 	<b>Зміцнювальне розкочування</b> 
<b>Вигладжування</b> 	<b>Поверхнєве дорнування</b> 
<b>Вібраційне вигладжування</b> 	<b>Вібраційне накатування</b> 



1	2
Ударні методи	
<p>Дробоструменева обробка</p>	<p>Дробометальна обробка</p>
<p>Ударне розкочування</p>	<p>Ультразвукова обробка</p>
<p>Зміцнювальна чеканка</p>	<p>Відцентрова обробка</p>
<p>Вібраційна ударна обробка</p>	<p>Обробка механічною щіткою</p>

Обкочування (розкочування) поширене в ремонтному виробництві завдяки простоті здійснення процесу і можливості значного підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин. Суть процесу полягає в тому, що під впливом елемента (кульки, ролика) при взаємному відносному переміщенню інструмента і деталі нерівності

оброблюваної поверхні пластично деформуються, в результаті чого шорсткість зменшується і одночасно досягається зміцнення поверхневого шару.

Шорсткість і твердість покриття, ступінь зміцнення і продуктивність обробки залежать від режиму обробки: швидкості обробки, поздовжньої подачі, припусків, кількості проходів тощо.

Зусилля обробки залежить від твердості, пластичності і структури металу, шорсткості поверхні, конструкції деталі та інструменту. Зусилля обкочування (розкочування) при деформуванні кульками  $P_k$  і роликami  $P_p$  визначають дослідним шляхом або за формулами:

$$P_k = \left( \frac{d \cdot q}{0,54 \cdot E} \right)^2 \cdot q, \text{ Н}; \quad P_p = \frac{D \cdot b \cdot q^2}{0,126 \cdot E \cdot \left( \frac{D}{d} + 1 \right)}, \text{ Н} \quad (6.30)$$

де  $d$  – діаметр ролика або кульки, мм;

$q$  – максимальний питомий тиск, МПа ( $q = (1,8 - 2,1)\sigma_m$ );

$E$  – модуль пружності оброблюваного матеріалу, МПа;

$D$  – діаметр оброблюваної деталі, мм;

$b$  – довжина контакту ролика з деталлю, мм.

Глибина наклепу  $h$  зв'язана з силою деформування  $P$  співвідношенням

$$h = \sqrt{\frac{P}{2 \cdot \sigma_m}}, \text{ мм} \quad (6.31)$$

де  $\sigma_m$  – межа текучості матеріалу деталі, МПа.

В якості інструменту застосовують спеціальні пристрої обкатники і розкатники для обробки валів, отворів, плоских, конічних, сферичних і різних фасонних поверхонь. Наприклад, для обробки внутрішніх поверхонь деталей використовують розкатники багатороликові (рис. 6.24).

У поздовжні пази оправки 19 встановлені плоскі пружини 6, які забезпечують плавання конуса 7 відносно осі оправки 19 на величину зазору між отвором конуса та поверхнею оправки 19. У сепараторі 11 є гнізда, у які встановлені ролики 9. Ролики 9 мають забірний конус і нахилені до осі оправки, що забезпечує надійну роботу розкатника при пружно-пластичному деформуванні поверхні втулки.



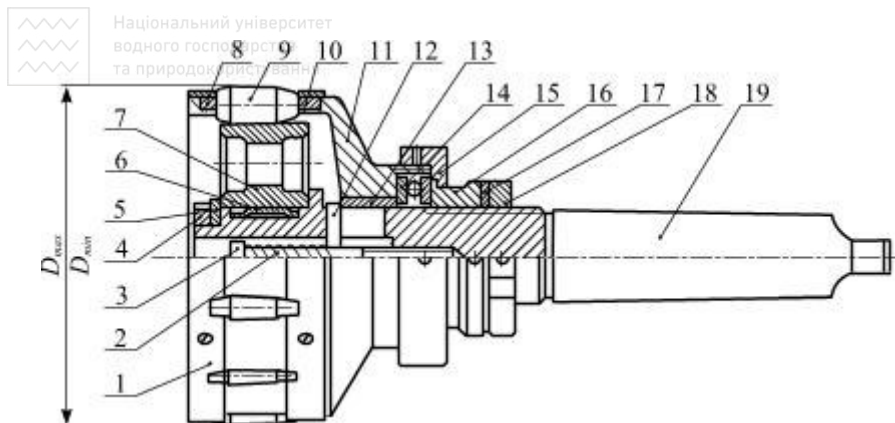


Рис. 6.24. Розкатник багатороликовий: 1 – кільце; 2 – пружина; 3 – гвинт; 4, 15, 16, 18 – гайка; 5 – кільце; 6 – пружина; 7 – конус; 8, 10 – сухарі; 9 – ролик; 11 – сепаратор; 12 – ярмо; 13 – втулка; 14 – упорний підшипник; 17 – шайба; 19 – опра-  
вка

Конічна зовнішня поверхня конуса 7 дає можливість настроювати за допомогою гайок 16 і 18 розкатник на заданий розмір з великою точністю. Циліндрична пружина 2 повертає сепаратор 11 в зборі з підшипником 14 і роликами 9 у вихідне положення – до упору в торець гайки 4 при настроюванні розкатника на розмір і у зворотному напрямку у процесі розкочування. Циліндричний хвостовик оправки 19 призначений для встановлення та закріплення розкатника під час роботи верстата. Кільця 1 призначені для фіксації роликів 9 від випадання з гнізд сепаратора 11. Між роликами 9 вкладаються сухарі 8 і 10, на які здійснюється упор роликів у процесі розкочування.

Під час роботи сепаратор 11 з роликами 9 під дією сили тертя переміщується вперед відносно опорного конуса 7, до тих пір, поки повністю не вийде з оброблюваного отвору. Після вільного виходу інструменту з оброблюваного отвору під дією стиснутої пружини 2 сепаратор 11 з роликами 9 повертається у вихідне положення.

Для підвищення експлуатаційних властивостей зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей машин як фінішна операція при їх відновленні застосовується алмазне вигладжування. Його широко застосовують замість трудомісткого абразивного доведення при обробці опорних шийок кулачкових валів, поршневих пальців, отворів втулок тощо. Суть процесу полягає у поверхневому пластичному деформуванні інструментом, робочим елементом якого є алмаз або



На шорсткість поверхні впливають наступні параметри вигладжування: сила вигладжування, подача і радіус робочої частини інструменту. При збільшенні сили вигладжування до визначеного значення шорсткість зменшується.

## 6.8. Відновлення деталей полімерними матеріалами

Полімерні матеріали (пластичні маси, клеї, герметики) знаходять широке використання в машинобудуванні і в ремонтній практиці для виготовлення деталей або окремих їх частин, відновлення розмірів спрацьованої деталі, усунення в деталях вм'ятин, тріщин, пробоїн, раковин (рис. 6.25).

Пластичними масами називають матеріали, отримані на основі високомолекулярних речовин, які на певних етапах переробки можуть набувати пластичних властивостей. Основою пластичної маси є штучна (синтетична) або природна смола, яка відіграє роль зв'язувального матеріалу і забезпечує його основні властивості. До складу пластмас також входять наповнювачі, пластифікатори, стабілізатори, барвники та інші добавки. Виділяють термопластичні і термореактивні матеріали.

Термопласти – пластичні маси, які під дією тепла плавляться, а при охолодженні твердіють. Повторне нагрівання забезпечує їх пластичний стан (оборотний процес).

Термореактопласти – пластичні маси, які під дією тепла плавляться, а при охолодженні твердіють з утворенням неплавкого і нерозчинного матеріалу (процес необоротний).

Крім того пластмаси поділяються на тверді, напівтверді і м'які.

Тверді пластмаси – тверді пружні матеріали аморфної структури з високим модулем пружності (більше 1000 МПа при 20 °С).

Напівтверді пластмаси – тверді пружні матеріали кристалічної структури з середнім модулем пружності (більше 400 МПа при 20 °С).

М'які пластмаси – м'які та еластичні матеріали з низьким модулем пружності (не більше 200 МПа при 20 °С).

Основою більшості клеїв є полімери або речовини, які перетворюються в полімери в процесі склеювання.

Клеї класифікують за наступними основними ознаками: основою клею, консистенцією, температурою склеювання та ін.

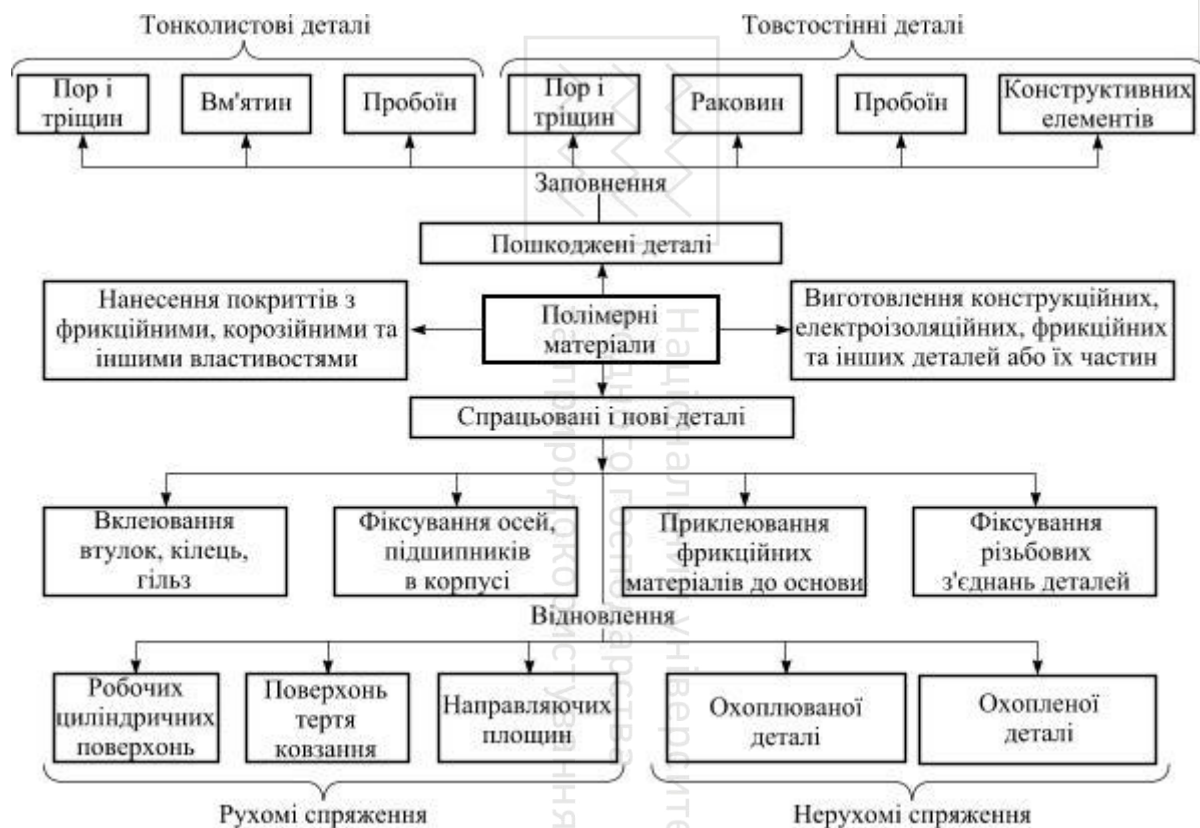


Рис. 6.25. Область застосування полімерних матеріалів



Основа клею може бути органічного і неорганічного походження.

За консистенцією клеї можуть бути твердими (у вигляді прутка, плівки, гранул), пастоподібними і рідкими (в розчинах або дисперсіях).

Відносно до температури склеювання клеї поділяються на термореактивні і термопластичні.

За температурою склеювання клеї поділяються на клеї холодного (від 0 до 25 °C), помірного (від 25 до 100 °C) і гарячого (від 100 до 250 °C) отвердіння.

Відносно до зовнішнього впливу клеї поділяються на нестійкі, короткочасно стійкі і стійкі.

Функціональне призначення герметика полягає у забезпеченні заданого рівня герметичності (рис. 6.26). Товщина шару герметика може перевищувати 1 мм.

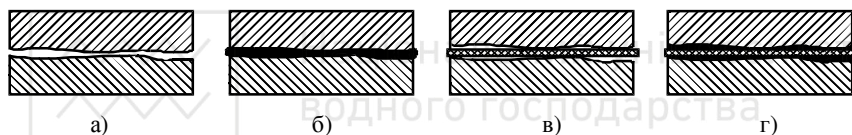


Рис. 6.26 Схема герметизації нерухомих з'єднань без ущільнення (а), з рідкою прокладкою (б), з твердою прокладкою (в) і з комбінацією твердої і рідкої прокладки (г)

Герметики можуть класифікуватися за наступними ознаками: відношенню до процесу вулканізації, типу вихідного полімеру, температурним умовам, областю застосування та ін.

За природою вихідного полімеру герметики поділяються на такі, які підлягають вулканізації (отвердінню), які висихають і не висихають.

За пружними властивостями герметики умовно поділяються на чотири групи: еластичні (пружні), пластичні, еластопластичні і пластоеластичні. У еластопластичних матеріалах переважають пружні властивості, а в пластоеластичних – пластичні властивості.

За числом компонентів герметики поділяються на однокомпонентні і багатокомпонентні (найчастіше двохкомпонентні).

За областю застосування герметики поділяються на автомобільні, авіаційні, будівельні, побутові та ін.

За температурними умовами вулканізації герметики поділяються на такі, які вулканізуються в звичайних умовах або при підвищених



температурах (від 70 до 200 °C).

Для практичного використання клеї і герметики зручно класифікувати за механізмом їх отвердіння:

- клеї і герметики анаеробного отвердіння;
- герметики вологого отвердіння;
- клеї з отвердінням активацією;
- клеї термічного отвердіння.

Анаеробний полімерний матеріал – рідкий самотверднучий матеріал, який проникає в усі зазори, тріщини, тим самим забезпечує ущільнення та герметизацію. Він тривалий час знаходиться на повітрі у рідкому стані та швидко полімеризується при введенні в зазор з'єднання (порушення контакту з повітрям). Не чутливий до дії води, розчинників, мінеральних масел, палив.

На швидкість твердіння анаеробного матеріалу впливає матеріал з якого виготовлений виріб. За цією ознакою матеріали діляться на три групи: перша – мідь, сплави міді, кобальт, марганець, нікель, залізо. Контакт з ними прискорює отвердіння, а самі матеріали рахуються активними. Друга – нормальні матеріали: алюміній та його сплави, вуглецеві сталі, титан, цинк. Третя – пасивні матеріали: метали, які мають покриття, нержавіючі високолеговані сталі, пластмаси.

Клеї і герметики вологого отвердіння – термореактивні матеріали, які під дією води, без усадки переходять з пластичного стану у гумоподібний.

Застосування клеїв з прискореною активацією дозволяє значно скоротити час їх отвердіння (час схоплювання складає від декількох секунд до декількох хвилин) із збереженням робочих характеристик. Отвердіння клею відбувається при поєднанні компонентів, опромінення ультрафіолетовими променями, відсутності повітря.

Для деталей, які працюють при високих температурах (гальмівні колодки, фрикційні диски зчеплення машин) застосовують термостійкі клеї. Режим отвердіння клеїв відбувається при підвищених температурах.

Виготовлення, ремонт деталей машин і обладнання з застосуванням полімерних матеріалів можна виконувати різними способами з (табл. 6.10).



Основні способи виготовлення і ремонту деталей нанесенням  
полімерних матеріалів

Назва способу	Короткий зміст процесу	Застосування
1	2	3
Нанесення покриттів вихровим способом	Нагріту до визначеної температури деталь встановлюють у камеру, в якій знаходиться звихрений (псевдозріджений) потік повітря або інертного газу полімерний порошок. Частинки порошку контактуючи з деталлю утворюють на її поверхні покриття	Спрацювання робочих поверхонь валів від 0,15 до 0,75 мм Нанесення антифрикційного шару на поверхні тертя підшипників ковзання (товщина шару 0,08-0,2 мм) Нанесення антикорозійного покриття (товщина шару 0,4-1 мм)
Нанесення покриттів способом занурення	Нагріту до визначеної температури деталь занурюють в шар порошку, який знаходиться у ємності, а потім оплавляють в печі або пальником	Спрацювання робочих поверхонь валів від 0,75 до 1 мм Спрацювання зубів шестерень (зменшення товщини зуба на 0,4 мм)
Нанесення покриттів газополуменевим способом	Полімерний порошок подається в газове полум'я пальника і струменем повітря в розплавленому стані наноситься на поверхню попередньо нагрітої деталі	Спрацювання робочих поверхонь валів більше 1 мм Вирівнювання нерівностей на деталях з тонколистового матеріалу Нанесення різного роду покриттів
Нанесення покриттів способом заливання	Нагріту деталь встановлюють в прес-форму і заливають полімерним матеріалом з наступним витримуванням до повного отвердіння	Виготовлення деталей



продовження табл. 6.10

1	2	3
Нанесення покриттів відцентровим способом	На внутрішню поверхню попередньо нагрітої деталі засипають матеріал і закривають фланцями. Потім встановлюють в центрах відцентрової машини або верстату і обертають	Нанесення покриттів на внутрішні робочі поверхні циліндричних деталей
Нанесення покриттів литтям під тиском термопластичними матеріалами	Деталь встановлюють у прес-форму і на ливарній машині під тиском подають у форму попередньо нагрітий матеріал	Спрацювання зубів шестерень (зменшення товщини зуба більше 0,4 мм) Спрацювання внутрішніх поверхонь отворів більше 0,75 мм Виготовлення і відновлення деталей
Нанесення покриттів способом заповнення	На пошкоджені місця і спрацьовані поверхні деталей наносять рідкий полімерний матеріал	Відновлення нерухомих спряжень Фіксування різьбових з'єднань Герметизація тріщин, раковин, пробойн корпусних деталей
Склеювання деталей	Нанесення шару клею на пошкоджені деталі з наступним їх склеюванням	Створення нероз'ємних з'єднань елементів

### 6.9. Зміцнення поверхонь деталей термічною і хіміко-термічною обробкою

Термічна і хіміко-термічна обробка забезпечують задані фізико-хімічні властивості матеріалу деталей.

Розрізняють такі види термічної обробки – відпалювання, нормалізація, загартування і відпуск.



**Відпалювання** – вид термічної обробки, при якій деталь нагрівають до заданої температури, з витримуванням і наступним повільним охолодженням. Застосовують для зменшення твердості деталі, збільшення пластичності і в'язкості, усунення структурної і хімічної неоднорідності, зняття внутрішніх напружень, для підготовки деталей до наступних операцій.

**Нормалізація** – вид термічної обробки, при якій деталь нагрівають до заданої температури, з витримуванням і з наступним повільним охолодженням на повітрі. При нормалізації деталь нагрівають на 25-50 °С вище, ніж при відпалюванні. Застосовують для зняття внутрішніх напружень, перекристалізації, зменшенні розмірів зерен в кристалічній будові металу, зменшенні твердості, покращення оброблюваності деталі.

**Загартування** – вид термічної обробки, при якій деталь нагрівають до заданої температури, з витримуванням і наступним швидким охолодженням в воді або іншому охолоджуваному середовищі. Застосовують для підвищення твердості деталі, збільшення її пружності, міцності.

**Відпуск** – вид термічної обробки, при якій загартовану деталь нагрівають до заданої температури, з витримуванням і наступним швидким або повільним охолодженням. Застосовують для зняття внутрішніх напружень, які виникають в процесі загартування, отримання заданої твердості і необхідного комплексу механічних властивостей деталі.

**Хіміко-термічна обробка відновлюваних деталей** полягає у зміні хімічного складу в поверхневих шарах під впливом зовнішнього середовища і температури. В умовах ремонтного виробництва широко застосовують цементацію.

**Цементація** – процес насичення поверхневого шару сталі вуглецем для підвищення механічних властивостей і стійкості до спрацювання. Всі цементовані деталі підлягають загартуванню. Це дозволяє отримувати деталі з м'якою і в'язкою серцевиною і дуже твердою поверхнею. Цементацію проводять в твердих, рідких або газоподібних середовищах.

Знаходять застосування види хіміко-термічної обробки, які насичують поверхневий шар сталі азотом (азотування), алюмінієм (алітування), кремнієм (силіціювання), вуглецем і азотом (ціанування) та ін.





Для проведення термічної і хіміко-термічної обробки переважно застосовують спеціальні термічні печі з регулюванням температурних параметрів, ванни для загартування, установки для поверхневого загартування деталей ацетилено-кисневим полум'ям або струмами високої частоти.

### 6.10. Визначення собівартості відновлення деталей

Основу номенклатури відновлюваних деталей повинні складати деталі, які визначають економічну доцільність їх ремонту. При конкретизації цієї номенклатури практично керуються наступним співвідношенням

$$C_n < C_v \leq C_n \cdot 0,8 \quad (6.32)$$

де  $C_n$  – повна собівартість відновлення деталі, грн.;

$C_v$  – ціна продажу відновленої деталі, грн.;

$C_n$  – ціна нової деталі, грн.

Повна собівартість відновлення деталі  $C_n$  визначається за формулою

$$C_n = \frac{C_v}{K_{в.п}}, \text{ грн.} \quad (6.33)$$

де  $C_v$  – собівартість відновлення деталі, грн.;

$K_{в.п}$  – коефіцієнт виходу придатних деталей в процесі відновлення.

Собівартість ремонту включає прямі і накладні затрати.

Прямі затрати – затрати безпосередньо на ремонт, які можуть бути визначені (оплата праці робочих, зайнятих на ремонті, вартість запасних частин і матеріалів та ін.

Накладні витрати – це затрати, які пов'язані з забезпеченням виробничої діяльності ремонтної майстерні (затрати на амортизацію обладнання, вартість електроенергії, витрати на техніку безпеки та охорону праці та ін.).

В загальному вигляді собівартість відновлення деталей  $C_v$  на конкретному підприємстві розраховується за наступною формулою

$$C_v = C_{зн} + C_{мк} + Z_{пл} + H_v + C_{об}, \text{ грн.} \quad (6.34)$$

де  $C_{зн}$  – вартість спрацьованої деталі, грн.;

$C_{мк}$  – вартість матеріалів і комплектуючих виробів з врахуванням націнки, грн.;



$Z_{пл}$  – заробітна плата, грн.;

$H_в$  – накладні витрати, грн.;

$C_{об}$  – витрати на утримання та експлуатацію обладнання, грн.

Вартість спрацьованої деталі  $C_{зн}$  при відновленні її на власну програму ремонту виробів визначається за ціною металообробки, а при відновленні на продукцію – за ціною ремонтного фонду. Якщо ремонтний фонд зібраний на інших підприємствах, то у вартість спрацьованої деталі входить 20 % надбавка за збір і сортування деталей.

У вартість матеріалів і комплектуючих виробів  $C_{мк}$  входять всі витрати на матеріали і комплектуючі вироби, які застосовуються при відновленні деталі

$$C_{мк} = \frac{(100 + s) \cdot \left( \sum_{i=1}^n g_i \cdot C_i + \sum_{j=1}^N d_j \cdot m_j \right)}{100}, \text{ грн.} \quad (6.35)$$

де  $s$  – націнка на матеріали і комплектуючі вироби, %;

$n$  – кількість найменувань витратних матеріалів;

$g_i$  – маса використаного матеріалу конкретного найменування, кг;

$C_i$  – ціна 1 кг витратного матеріалу, грн./кг;

$N$  – кількість найменувань комплектуючих виробів;

$d_j$  – вартість одиниці комплектуючого виробу  $j$ -того найменування, грн./шт.;

$m_j$  – кількість комплектуючих виробів  $j$ -того найменування, шт.

Заробітну плату  $Z_{пл}$  визначають з врахуванням всього комплексу операцій, передбачених технологічним процесом, за формулою

$$Z_{пл} = \left( \frac{T_{н1} \cdot C_{з1}}{60} + \frac{T_{н2} \cdot C_{з2}}{60} + \dots + \frac{T_{н6} \cdot C_{з6}}{60} \right) \cdot K_n \cdot K_{\partial} \cdot K_c, \text{ грн.} \quad (6.36)$$

де  $T_{н1}, T_{н2}, \dots, T_{н6}$  – норми часу на виконання операцій з першого по шостий розряди з розрахунку на одну деталь, хв.;

$C_{з1}, C_{з2}, \dots, C_{з6}$  – годинні тарифні ставки з першого по шостий розряди, грн./год.;

$K_n, K_{\partial}, K_c$  – коефіцієнти, які враховують відповідно преміальні доплати, додаткову заробітну плату і відрахування у фонд соціального страхування.



Накладні витрати  $H_6$  визначають у відсотковому відношенні до основної заробітної плати виробничих робітників. Вони залежать від типу підприємства (виробництва) з відновлення деталей і складають для сервісних підприємств 140-200 %.

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання  $C_{об}$  з розрахунку на одну деталь

$$C_{об} = C_a + C_{тр} + C_e + C_{доп}, \text{ грн.} \quad (6.37)$$

де  $C_a$ ,  $C_{тр}$ ,  $C_e$ ,  $C_{доп}$  – витрати відповідно на амортизацію обладнання, ремонт і обслуговування обладнання, енергетичні джерела (електроенергію, газ, стиснуте повітря тощо), допоміжні потреби.

### 6.11. Річний економічний ефект від відновлення деталей

Розрахунок річного економічного ефекту від розроблення і впровадження нового технологічного процесу відновлення деталей на заміну існуючих виконують за формулою

$$E_p = \left[ (C_{n1} + E_n \cdot K_1) \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} - (C_{n2} + E_n \cdot K_2) \right] \cdot A_2, \text{ грн.} \quad (6.38)$$

де  $C_{n1}$ ,  $C_{n2}$  – повна собівартість відновлення деталі відповідно за існуючою (базовою) і новою (запропонованою) технологіями, грн.;

$K_1$ ,  $K_2$  – питомі капітальні вкладення на придбання і встановлення обладнання за існуючою і новою технологіями, грн.;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ( $E_n = 0,15$ );

$P_1$ ,  $P_2$  – величини, обернені термінам служби деталей, відновлених за існуючою і новою технологіями;

$A_2$  – річний обсяг (кількість) відновлюваних деталей за новою технологією в розрахунковому році, шт.

Розрахунок за наведеною формулою здійснюють з терміном служби відновлених деталей більше одного року.

Для деталей з терміном служби менше одного року розрахунки проводять за формулою

$$E_p = \left( \frac{C_1 + E_n \cdot K_1}{A_1 \cdot W_1} - \frac{C_2 + E_n \cdot K_2}{A_2 \cdot W_2} \right) \cdot A_2 \cdot W_2, \text{ грн.} \quad (6.39)$$

де  $A_1$  – річний обсяг відновлюваних деталей за існуючою технологією, шт.;



$W_1, W_2$  – термін служби деталі, відновлюваної відповідно за існуючою і новою технологіями, год.

При різних термінах служби нових і відновлених деталей, для деталей з терміном служби більше року розрахунок проводять за формулою

$$E_p = \left[ h \cdot C_n \frac{P_n + E_n}{P_e + E_n} - (C_n + E_n \cdot K_e) \right] \cdot N_e, \text{ грн.} \quad (6.40)$$

де  $h$  – коефіцієнт, який враховує витрати на доставку нових деталей на ремонтне підприємство;

$P_n, P_e$  – величини, обернені термінам служби відповідно нової і відновленої деталей;

$C_n$  – повна собівартість відновлення деталі, грн.;

$K_e$  – питомі капітальні вкладення на відновлення деталі грн.;

$N_e$  – кількість відновлених деталей в розрахунковому році, шт.

Для деталей з терміном служби менше року формула набуде вигляду

$$E_p = \left[ h \cdot C_n \frac{W_e}{W_n} - (C_n + E_n \cdot K_e) \right] \cdot N_e, \text{ грн.} \quad (6.41)$$

де  $W_e, W_n$  – термін служби відповідно відновленої і нової деталей, год.

Річний економічний ефект для підприємства, що здійснює централізоване відновлення деталей як товарної продукції, визначають за формулою

$$E_p = (C_e - C_n) \cdot N_e, \text{ грн.} \quad (6.42)$$

де  $C_e$  – прейскурантна ціна відновленої деталі, грн.

### Контрольні запитання

1. Які способи відновлення застосовують при ремонті?
2. Перерахуйте найрозповсюдженіші способи наплавлення і зварювання. Від чого залежить їх вибір?
3. У чому суть процесу газотермічного напилення? Назвіть основні види.
4. Назвіть основні способи відновлення деталей пластичним деформуванням.
5. Опишіть технологічний процес нанесення гальванічних покриттів
6. Які полімерні матеріали застосовують для відновлення деталей? Наведіть приклади застосування.
7. Які методи поверхневого пластичного деформування застосовують для зміцнення деталей?
8. Назвіть основні види термічної обробки деталей. Яка між ними відмінність?
9. Які складові включають у собівартість відновлення деталі?



### 7.1. Завдання і методи технічного нормування

Завданням технічного нормування є визначення прогресивних норм часу на виконання ремонтних робіт. Дані норми встановлюють з урахуванням удосконалення організації праці, раціонального використання існуючих технічних засобів і досвіду передових працівників підприємств.

Працівники технічного нормування повинні:

- вивчати технологічні процеси і сприяти в їх раціоналізації;
- виявляти резерви підвищення продуктивності праці;
- аналізувати виробничі можливості конкретного робочого місця;
- вивчати передовий досвід робітників і споріднених підприємств і впроваджувати його на своєму підприємстві;
- виявляти причини неполадок у виробництві і надавати допомогу для їх усунення.

В практиці нормування застосовують наступні методи для встановлення норм часу, які можуть бути розділені на відповідні групи (рис. 7.1).

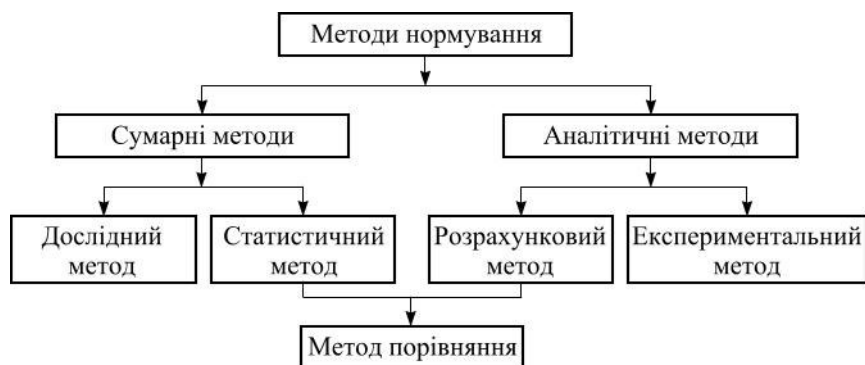


Рис. 7.1. Класифікаційна схема методів нормування

Сумарні методи характеризуються тим, що норми встановлюють на кожну операцію в цілому (сумарно) без розбиття її на складові частини. При аналітичних методах норми встановлюють на кожну операцію за окремими її частинами (основний і допоміжний час, час



обслуговування робочого місця, підготовчо-заклучний та ін.).

При досвідно-статистичному методі норму часу визначають на основі власного досвіду нормувальника або обробляючи статистичні дані виконання раніше встановлених норм.

Метод порівняння оснований на визначенні норми часу шляхом порівняння складності і трудомісткості ремонту або виготовлення деталей з деталями, на які є норми.

Розрахунково-аналітичний метод характеризується тим, що технічно обґрунтовані норми часу встановлюються шляхом поелементного розрахунку за відповідними технічними нормативами (цільовим комплексним, типовим, укрупненим, диференційованим).

При аналітично-дослідному методі норму часу встановлюють на основі результатів дослідної роботи, яка проводиться в лабораторії, або на добре налагодженій ділянці ремонтного виробництва. Цей метод застосовується переважно для визначення норм часу на ручні роботи (слюсарні, слюсарно-складальні, ковальські, ін.).

Затрати робочого часу вивчають шляхом проведення спостережень методами фотографії робочого дня (процесу) і хронометражу.

Фотографією робочого часу називають безперервне спостереження і вимірювання затрат робочого часу протягом певного періоду або виконанням певного обсягу робіт. Даний метод ведуть за листами спостереження, а також графічним способом. За об'єктом спостережень застосовують різні види фотографії робочого дня (рис. 7.2).



Рис. 7.2. Види фотографії робочого дня

Хронометражем називається метод вивчення і вимірювання затрат робочого часу на виконання операцій або окремих її елементів,

нометражу (рис. 7.3). Хронометраж провадиться шляхом спостереження за допомогою хронометражних карт.



Рис. 7.3. Види хронометражних спостережень

## 7.2. Класифікація затрат робочого часу

Всі затрати робочого часу групують таким чином, щоб виявити не тільки завантаженість, але і характер зайнятості робітника при виконанні виробничого завдання (рис. 7.4).



Рис. 7.4. Класифікація схема затрат робочого часу

Затрати часу при виконанні виробничого процесу групують, щоб найповніше розкрити характер їх змісту (рис. 7.5). Час виробничого процесу може виходити за межі однієї зміни і зазвичай ділиться на час виконання технологічних операцій, транспортних операцій і часу міжопераційних перерв.



Рис. 7.5. Класифікація часу виконання виробничого процесу

Норми затрат праці класифікуються в залежності від їх призначення, характеру обґрунтування і тривалості застосування (рис. 7.6).

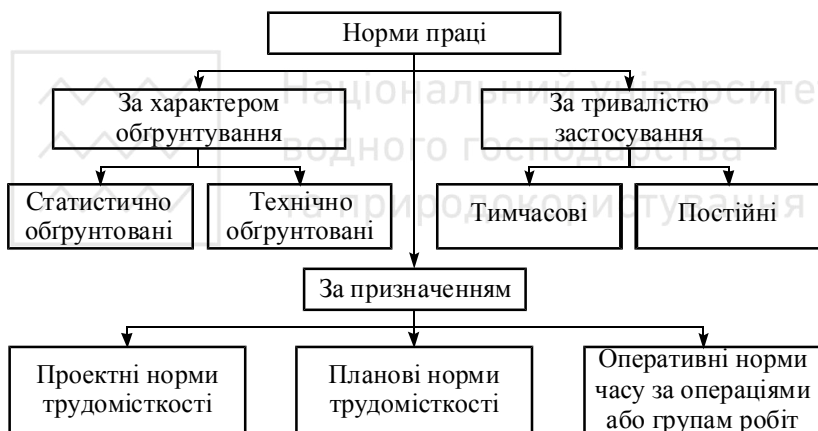


Рис. 7.6. Види норм затрат праці

### 7.3. Структура норми часу

Нормований час – це час корисної роботи, який пов'язаний з виконанням виробничого завдання. Він класифікується на основний, допоміжний, додатковий і підготовчо-заклучний час (рис. 7.7).

Технічна норма часу, яка затрачається на ремонт або виготовлення деталей складається з окремих елементів затрат часу

$$T_n = T_o + T_{дон} + T_{дод} + \frac{T_{нз}}{n_{ит}}, \text{ хв.} \quad (7.1)$$





де  $T_o$  – основний час, хв.;

$T_{доп}$  – допоміжний час, хв.;

$T_{дод}$  – додатковий час, хв.;

$T_{пз}$  – підготовчо-заключний час, хв.;

$n_{шт}$  – кількість деталей в партії.

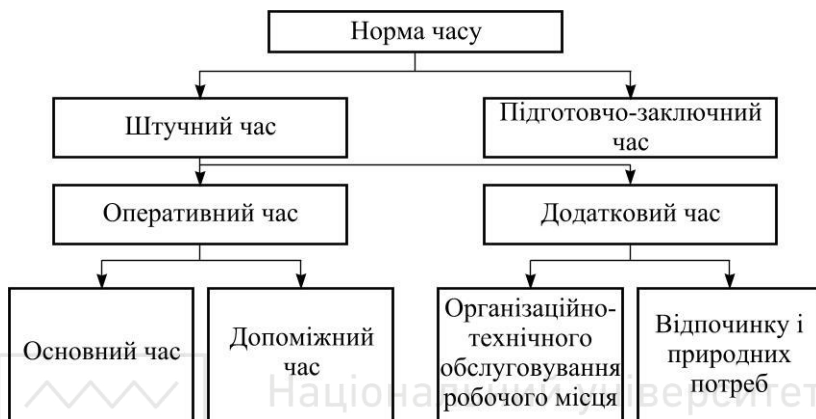


Рис. 7.7. Складові частини норми часу

Основним або технологічним називають час, протягом якого:

- змінюють форму, розміри, зовнішній вигляд або властивості деталі в результаті будь-якого виду обробки;
- змінюють взаємне розміщення вузлів і деталей при виконанні розбирально-складальних робіт;
- перевіряють і випробовують зібрані вузли і агрегати.

За способом виконання основний час може бути ручним, машинним або машинно-ручним.

Ручний час – час виконання технологічного процесу робочим без участі механізму або верстата (наприклад, слюсарні, слюсарно-складальні).

Машинний час затрачають на виконання технологічного процесу за допомогою обладнання без безпосередньої участі робітника (наприклад, вібрودугове наплавлення з механічною подачею).

Машинно-ручний час – час виконання технологічного процесу за допомогою обладнання при безпосередній участі робітника (наприклад, розточування з ручною подачею, газозварювальні роботи).

Допоміжним називають час, який затрачається на різні допоміжні дії, що забезпечують виконання основної роботи. Він включає:



встановлення, вивірку, кріплення і зняття оброблюваної деталі; налагодження обладнання на визначені технологічні режими; зміну інструменту; очищення шва від шлаку (при зварюванні) та ін.

Додатковий час складається з організаційно-технічного обслуговування робочого місця, часу перерв на відпочинок і природні потреби.

Час організаційно-технічного обслуговування включає: розкладання і збирання інструменту; заміна затупленого інструменту; регулювання обладнання в процесі роботи; встановлення огороження при зварюванні; встановлення і заміна балонів для газового зварювання.

Час перерв на відпочинок включається тільки для фізично важких або шкідливих роботах (зварювання, ковальські, слюсарні, слюсарно-складальні, полімерні роботи).

Підготовчо-заключним називають час, який затрачається робітником на підготовку до визначеної роботи і виконання дій, пов'язаних з її закінченням. Він включає наступні роботи: отримання завдання, наряду, інструменту; ознайомлення з роботою, кресленнями (зразком), технологічним процесом; інструктаж, отримання пристроїв, матеріалу; підготовка робочого місця; налагодження (переналагодження) обладнання, інструменту і пристроїв для виконання поставленої роботи; здавання готових деталей (виробів); здавання інструменту і прибирання робочого місця. Підготовчо-заключний час включають у норму часу на всю партію деталей. Тому для визначення норми часу на одну деталь його включають після ділення на кількість деталей в партії.

Сума основного  $T_o$  і допоміжного часу  $T_{дон}$  складає оперативний час  $T_{on}$

$$T_{on} = T_o + T_{дон}, \text{ хв.} \quad (7.2)$$

Додатковий час  $T_{доd}$  розраховують пропорційно затратам оперативного  $T_{on}$

$$T_{доd} = \frac{T_{on} \cdot K}{100}, \text{ хв.} \quad (7.3)$$

де  $K$  – відсоткове відношення додаткового часу до оперативного.

Сума основного  $T_o$ , допоміжного  $T_{дон}$  і додаткового  $T_{доd}$  часу складає штучний час  $T_{ш}$

$$T_{ш} = T_o + T_{дон} + T_{доd}, \text{ хв.} \quad (7.4)$$



## 7.4. Нормування робіт на металорізальних верстатах

Механічна обробка матеріалів включає різноманітні роботи: токарні, свердлильні, фрезерні, шліфувальні та ін.

Основний час при токарній обробці визначають за формулою

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \text{ хв.} \quad (7.5)$$

де  $L$  – розрахункова довжина оброблюваної поверхні, з врахуванням врізання і перебігу, мм

$i$  – кількість проходів;

$n$  – кількість обертів шпинделя верстата (деталі) за хвилину;

$S$  – подача, мм/об.

Кількість проходів  $i$ , необхідних для зняття припуску становить

$$i = \frac{h}{t}, \quad (7.6)$$

де  $h$  – припуск на обробку, мм;

$t$  – глибина різання, мм.

Припуск на обробку  $h$  визначають за формулою:

а) при поздовжньому зовнішньому точінні (обточування і розточування циліндричних поверхонь)

$$h = \frac{D - d}{2}, \text{ мм} \quad (7.7)$$

де  $D$  – діаметр заготовки (кінцевий діаметр розточеного отвору), мм

$d$  – діаметр деталі (початковий діаметр отвору, який розточується), мм.

б) при поперечному точінні (підрізання торців і уступів)

$$h = L - l, \text{ мм} \quad (7.8)$$

де  $L$  – довжина заготовки (деталі) до підрізання, мм;

$l$  – довжина заготовки (деталі) після підрізання, мм.

Кількість обертів  $n$  шпинделя верстата визначається за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}, \text{ об/хв.} \quad (7.9)$$

де  $v$  – розрахункова швидкість різання, м/хв.

Основний час при нарізанні різьби мітчиками або плашками розраховують за формулою



$$T_o = \frac{1,8 \cdot L}{n \cdot S}, \text{ хв.} \quad (7.10)$$

де 1,8 – коефіцієнт, який враховує різницю швидкостей прямого і зворотного ходу ріжучого інструменту.

Основний час при виконанні стругальних робіт розраховують за формулою

$$T_o = \frac{B}{n \cdot S}, \text{ хв.} \quad (7.11)$$

де  $B$  – сумарна ширина оброблюваної поверхні, мм

$n$  – кількість подвійних ходів повзуна або столу за хвилину;

$S$  – подача інструменту, мм/подвійний хід.

Сумарна ширина  $B$  оброблюваної поверхні

$$B = i \cdot (H + y), \text{ мм} \quad (7.12)$$

де  $i$  – кількість проходів;

$H$  – ширина оброблюваної поверхні в напрямку подачі, мм

$y$  – бічне врізання і схід різця.

Кількість подвійних ходів  $n$  верстата

$$n = 570 \frac{v}{L}, \text{ об/хв.} \quad (7.13)$$

де  $v$  – швидкість різання, м/хв.;

570 – відношення швидкості робочого ходу стола до швидкості холостого ходу;

$L$  – довжина ходу різця (столу), мм.

Основний час при виконанні свердлильних робіт розраховують за формулою

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}, \text{ хв.} \quad (7.14)$$

де  $L$  – глибина обробки з врахуванням врізання і виходу інструмента, мм

$n$  – кількість обертів інструмента за хвилину;

$S$  – подача на один оберт, мм/об.

Основний час при виконанні фрезерних робіт розраховують за формулою

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{об}}, \text{ хв.} \quad (7.15)$$

де  $L$  – довжина поверхні, яку фрезерують, з врахуванням врізання і

перебігу, мм;

$i$  – кількість проходів;

$n$  – кількість обертів ріжучого інструменту за хвилину;

$S_{об}$  – подача на один оберт фрези, мм/об.

Основний час при виконанні шліфувальних робіт розраховують за формулою

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_n} K_3, \text{ хв.} \quad (7.16)$$

де  $L$  – довжина оброблювальної поверхні з врахуванням врізання і перебігу шліфувального круга, мм;

$i$  – кількість проходів;

$n$  – кількість обертів за хвилину;

$S_n$  – поздовжня подача, мм/об;

$K_3$  – коефіцієнт зачисних ходів.

Допоміжний час ділиться на два види:

- час, який затрачається на встановлення, вимірювання і знімання деталі;
- час, який пов'язаний з проходом.

Додатковий час визначають у відсотковому відношенні до оперативного часу.

Затрати підготовчо-заключного часу залежать від способу встановлення деталі, розмірів верстата, складності підготовки до роботи.

## 7.5. Нормування зварювальних робіт

При ремонті і відновленні деталей машин широко застосовують електродугове (ручне зварювання і відродугове наплавлення, зварювання в середовищі захисного газу) та газове зварювання.

### - ручне електродугове зварювання

Норму часу  $T_n$  розраховують за формулою

$$T_n = T_o + T_{одод} + T_{он} \cdot K_{одод} + T_{он} \cdot K_{нз}, \text{ хв.} \quad (7.17)$$

де  $K_{нз}$  – відсоткове відношення підготовчо-заключного часу до оперативного.

Основний час  $T_o$

$$T_o = \frac{60 \cdot G}{v_n} \cdot A \cdot m, \text{ хв.} \quad (7.18)$$



де  $G$  – маса наплавленого металу, необхідного для утворення шва, г;

$v_n$  – швидкість наплавлення, г/год.;

$A$  – коефіцієнт, який враховує довжину шва;

$m$  – коефіцієнт, який враховує положення шва у просторі.

Маса наплавленого металу  $G$

$$G = L \cdot F \cdot \gamma, \text{ г} \quad (7.19)$$

де  $L$  – довжина шва, см;

$F$  – площа поперечного перерізу шва, см<sup>2</sup>;

$\gamma$  – густина металу електрода, г/см<sup>3</sup>.

Швидкість наплавлення  $v_n$

$$v_n = \alpha \cdot I, \text{ г/год.} \quad (7.20)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт наплавлення, г/А·год.;

$I$  – сила струму, А

Допоміжний час складається з часу:

- пов'язаного із зварювальним швом (очищення кромки деталі перед зварюванням, зміна електродів, зачистка шва при зварюванні);
- пов'язаного із виробом (встановлення, повертання, зняття);
- пов'язаного із переміщенням зварювальника і протягування проводів.

Додатковий час встановлюють у відсотковому відношенні від оперативного в залежності від положення зварювальника під час роботи (зручне, незручне, напружене).

Підготовчо-заклучний час при виконанні ручних зварювальних робіт в умовах ремонтних підприємств встановлюють у відсотковому відношенні від оперативного, залежно від складності роботи (проста, середня, складна).

### - вібродугове наплавлення

Норму часу  $T_n$  розраховують за формулою

$$T_n = T_o + T_{don} + T_{dod} + \frac{T_{nz}}{n_{um}}, \text{ хв.} \quad (7.21)$$

Основний час  $T_o$

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \text{ хв.} \quad (7.22)$$

де  $L$  – довжина поверхні, яка наплавляється, мм;

$i$  – кількість проходів;



$n$  – кількість обертів деталі, об/хв.;

$S$  – поздовжня подача мундштука, або крок наплавлення, мм/об.

Кількість обертів деталі  $n$  за хвилину визначають за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}, \text{ об/хв.} \quad (7.23)$$

де  $v$  – колова швидкість деталі, м/хв.

$d$  – діаметр поверхні до наплавлення, мм

Кількість проходів  $i$

$$i = \frac{D - d}{2 \cdot t}, \quad (7.24)$$

де  $D$  – діаметр, до якого наплавляють деталь, мм;

$t$  – товщина шару, який наплавляють за один прохід, мм.

Допоміжний час складається з часу:

- встановлення і зняття деталі;
- пов'язаного з наплавленням (включення генератора, підведення мундштука, включення вібратора, пуск верстата, включення поздовжньої подачі супорта і всі наступні дії до вимкнення установки після закінчення наплавлення).

Підготовчо-заключний час при вібродуговому наплавленні встановлюють залежно від характеру та організації виробництва і складності застосованого обладнання.

#### - газове зварювання

Норму часу  $T_n$  розраховують за формулою

$$T_n = T_o + T_{\text{доо}} + T_{\text{оп}} \cdot K_{\text{доо}} + T_{\text{оп}} \cdot K_{\text{пз}}, \text{ хв.} \quad (7.25)$$

Основний час  $T_o$

$$T_o = \frac{60 \cdot G}{\beta} \cdot A \cdot t, \text{ хв.} \quad (7.26)$$

де  $\beta$  – витрата ацетилену, л/год.

Допоміжний час складається з часу:

- встановлення, повертання і зняття деталі;
- пов'язаного з газовим зварювання (огляд і промірювання шва, очищення кромки після зварювання);
- пов'язаного із переміщенням зварювальника і протягування проводів.

Додатковий час встановлюють у відсотковому відношенні від оперативного залежно від положення зварювальника під час роботи

(зручне, незручне, напружене), а також умов виконання зварювання (з підігрівом деталі та без такого).

Підготовчо-заключний час при виконанні газозварювальних робіт аналогічний роботам ручного дугового електрозварювання.

## 7.6. Нормування слюсарних робіт

Слюсарні роботи, які виконуються на ремонтних підприємствах, поділяються на такі види: розмічування, рубання зубилом, різання ножівкою, обпилювання, розвертання отворів та ін.

В норму часу на виконання слюсарних робіт включають основний, допоміжний, додатковий і підготовчо-заключний час

$$T_n = T_o + T_{\text{доп}} + T_{\text{доод}} + \frac{T_{nз}}{n_{\text{ум}}}, \text{ хв.} \quad (7.27)$$

Норми часу на виконання слюсарних робіт визначають, як правило, за розробленими таблицями нормативів часу. Якщо при визначенні норми часу були використані таблиці оперативного часу, то його розраховують за формулою

$$T_n = 1,08 \cdot T_{\text{оп}} + \frac{T_{nз}}{n_{\text{ум}}}, \text{ хв.} \quad (7.28)$$

При використанні таблиць неповного штучного часу норма часу визначається

$$T_n = T_{\text{нш}} + T_{\text{доп}} + \frac{T_{nз}}{n_{\text{ум}}}, \text{ хв.} \quad (7.29)$$

де  $T_{\text{нш}}$  – неповний штучний час, хв.

При використанні таблиць штучного часу норма часу визначається

$$T_n = T_{\text{ш}} + \frac{T_{nз}}{n_{\text{ум}}}, \text{ хв.} \quad (7.30)$$

де  $T_{\text{ш}}$  – штучний час, хв.

### Контрольні запитання

1. З якою метою встановлюють норми часу на виконання робіт?
2. Розкрийте зміст основних методів нормування.
3. Які складові частини входять у норму часу?
4. Якими способами визначають затрати робочого часу на виконання операцій?
5. Як класифікуються затрати робочого часу?
6. На що витрачається додатковий час при виконанні ремонтних операцій?





## РОЗДІЛ 8

# ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ОХОРОНИ ПРАЦІ НА РЕМОНТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

### 8.1. Загальні положення охорони праці на ремонтних підприємствах

Завдання охорони праці на ремонтних підприємствах полягає у забезпеченні різнопланових заходів щодо забезпечення безпеки життя і здоров'я кожного працівника, і направлені на дотримання нормативів і правил з трудового законодавства, техніки безпеки, промислової санітарії та гігієни праці.

Контроль за виконанням охорони праці на ремонтному підприємстві покладено на службу охорони праці – самостійного структурного підрозділу, який підпорядковується безпосередньо керівнику або головному інженеру підприємства і несе відповідальність за організацію роботи на підприємстві для створення здорових і безпечних умов праці працівників, попередженню нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань (рис. 8.1).

Для створення комфортних і безпечних умов праці при здійсненні виробничого процесу ремонту машин і обладнання необхідно врахувати ряд факторів. Технічні фактори відображають рівень автоматизації і механізації виробничих процесів, раціональну організацію робочого місця у відділенні, наявність колективних засобів захисту, захищеність небезпечних зон. Організаційні фактори характеризують режим роботи підприємства, дисципліну і форму організації праці, стан контролю за виконанням охорони праці. Психофізіологічні фактори відображають умови праці, морально-психологічний клімат в колективі, взаємовідносини між працівниками. Санітарно-гігієнічні фактори показують стан виробничої санітарії на робочих місцях. Ергономічні фактори визначають фізіологічні можливості робітника на виконання технологічного процесу ремонту машин і обладнання. Соціально-побутові фактори включають загальну культуру виробництва, порядок і чистоту на робочих місцях, забезпеченість санітарно-побутовими приміщеннями, озеленення території. Економічні фактори передбачають підвищення технічного переозброєння праці за рахунок раціональної організації робочого місця, застосування досконалішого технологічного процесу, більш повного використання обладнання.

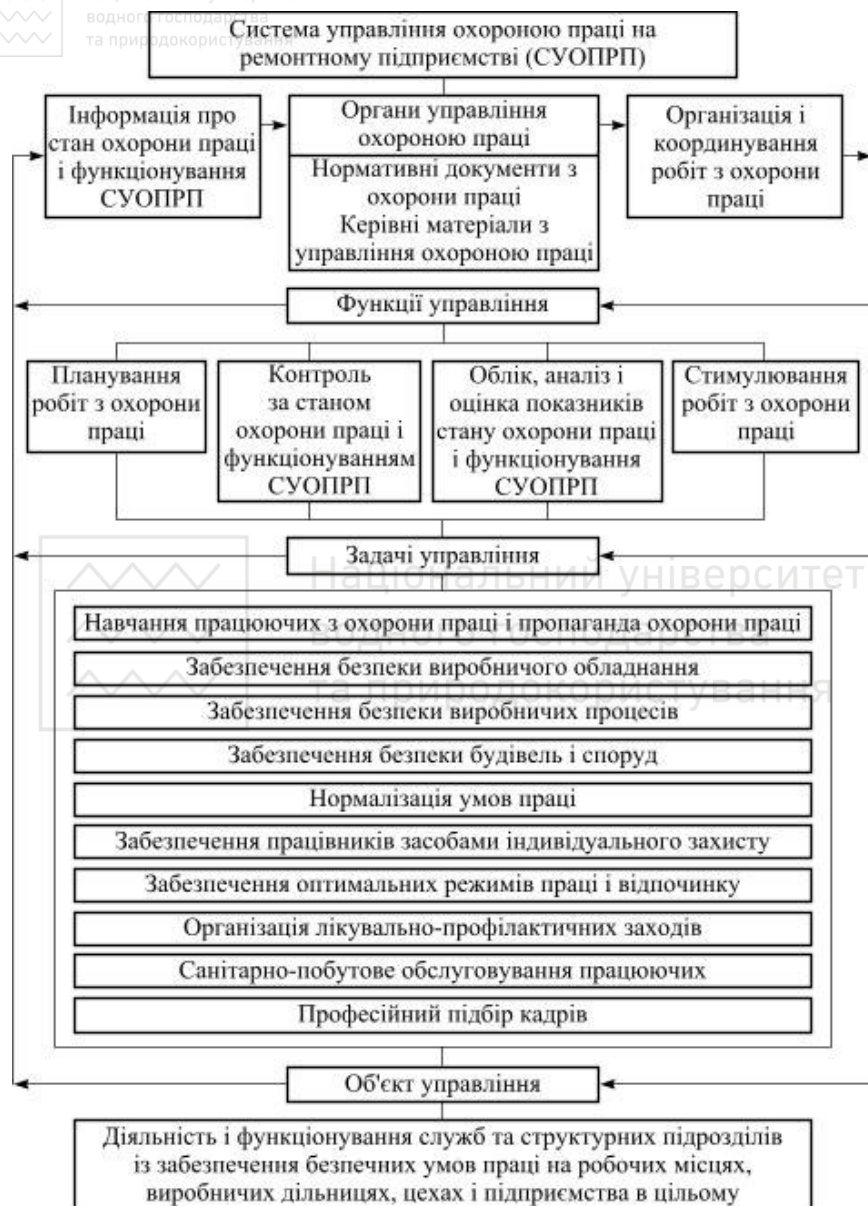


Рис. 8.1. Схема системи управління охороною праці на ремонтному підприємстві



Недотримання гігієнічних вимог трудової діяльності працівника може спричинити несприятливий вплив на його працездатність і здоров'я. У виробничому процесі ремонту машин може мати місце шкідливий або небезпечний виробничий фактор. Необхідно відмітити, що при одних умовах фактор може діяти як шкідливий, а при інших – як небезпечний.

Шкідливий виробничий фактор – фактор, вплив якого на робітника в певних умовах призводить до захворювання або зниження працездатності. Такими факторами є, наприклад, токсичні гази, пари, пил, шум, недостатня освітленість.

Небезпечний виробничий фактор – фактор, вплив якого на працівника в певних умовах призводить до травми або іншому раптовному різкому погіршенню здоров'я. Наприклад, висока концентрація токсичних речовин у повітрі робочої зони або висока температура виробничого середовища можуть викликати різке погіршення здоров'я.

За природою дії всі шкідливі і небезпечні фактори поділяються на фізичні (рухомі частини машин і механізмів, гострі кромки, відсутність або недостатність природного освітлення та ін.), хімічні (токсичні речовини різного агрегатного стану), біологічні (різні біологічні об'єкти) і психофізіологічні (фізичні і нервово-психічні перевантаження).

На підприємстві можуть мати місце такі несприятливі виробничі фактори: підвищений рівень шуму і вібрації, шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони та ін.

Для захисту від впливу виробничих факторів застосовують індивідуальні і колективні засоби.

Засіб захисту на виробництві – засіб, застосування якого запобігає або зменшує вплив на працівників небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Засіб колективного захисту – засіб, який призначений для одночасного захисту двох і більше працюючих. До них відносять: освітлення, вентиляція, опалення виробничих приміщень, різноманітні огороження, заземлення ремонтних стендів, звукоізоляція та ін.

Засіб індивідуального захисту – засіб, який призначений для захисту одного працюючого. До них відносять: протигази, респіратори, спеціальний одяг і взуття, захисні окуляри та ін.



## 8.2. Основні вимоги техніки безпеки при ремонтних роботах

**Мийно-очисні роботи.** Приміщення для зовнішнього миття машин і обладнання повинно мати вологостійку стелю і стіни, вологостійку підлогу з ухилом для стоку рідини, надійну вентиляцію.

Мийні ванни, машини і різні установки для видалення накипу, нагару, знежирювання деталей повинні обладнуватися місцевою припливно-витяжною вентиляцією. Ультразвукові ванни повинні мати звукоізоляцію.

Електрифіковані пристрої повинні мати надійне захисне заземлення, захист від самовільного включення при поновленні раптово зниклої напруги, ізоляцію струмонесучих частин.

На кожному робочому місці повинна бути інструкція з описом технологічного процесу і безпечних методів роботи.

Під час роботи з мийним обладнанням необхідно слідкувати за справністю засувок дверей і щільності їх прилягання.

Рівень мийних розчинів у ваннах після завантаження деталей повинен бути на 150-200 мм нижчий країв ванни. Завантажувати деталі необхідно повільно, попереджуючи розхлюпування розчину.

Поверхні нагрівання (змієвики, парові труби) у всіх випадках повинні бути покриті мийними рідинами.

Відкривати двері мийної камери дозволяється не раніше, ніж через 2 хв. після закінчення миття і включення вентиляції.

Випускання забруднених розчинів з мийного обладнання необхідно здійснювати після охолодження його до температури 40-50 °С. Забруднені мийні розчини доцільно регенерувати, а відходи, які утворюються під час регенерації, направляти в спеціальних ємностях для утилізації.

Під час очищення мийне обладнання повинно бути відключене від електромережі.

Робітники забезпечуються спеціальним одягом та індивідуальними захисними засобами (респіратори, гумові чоботи і рукавиці, прогумовані фартухи, захисні окуляри) відповідно діючим інструкціям.

Перед початком роботи робітник повинен оглянути свій одяг: верхній одяг повинен бути застібнутий, манжети рукавів застібнуті або зав'язані, кінці зав'язок акуратно прибрані, волосся заховане під головний убір.



**Розбирально-складальні роботи.** Для виконання операцій з розбирання або складання машини, обладнання, зручності виконання ремонтних робіт повинна відводиться достатня для цього площа. Не можна допускати накопичення у виробничому приміщенні великої кількості агрегатів і деталей. Загромаджувати проходи і проїзди забороняється.

Агрегати і деталі вагою більше 20 кг необхідно знімати, транспортувати і встановлювати за допомогою підйомно-транспортних засобів, які повинні бути у справному стані і використовуватися тільки за призначенням. Місця кріплення захватів повинні бути точно визначені і відомі робочому. Розбирати машину або агрегати в підвішеному стані без підведення спеціальних упорних пристроїв забороняється. Зняті з машини, обладнання важкі і громіздкі агрегати повинні надійно встановлюватися в стійкому положенні.

Для здійснення операцій розбирання (складання) повинні застосовуватися відповідні стенди і пристрої, які забезпечують безпеку роботи.

Різьбові знімачі не повинні мати зірваних ниток, болти – зім'ятих головок, корпуси і важелі – тріщин, погнутостей і т.п.

Гайкові ключі повинні відповідати розмірам гайок або болтів, які відкручуються. Подовжувати довжину ключів за допомогою наdstавок не дозволяється.

Молотки повинні мати гладку ударну частину, надійно насаджені на дерев'яні рукоятки і заклинені на них.

При виконанні операцій на гідравлічному пресі необхідно слідкувати за показами манометра, щоб не допустити створенню надмірних зусиль, які можуть спричинити раптове руйнування деталі і пораненню працюючого осколками.

Переносний електрифікований інструмент (дрилі, гайковерти та ін.) можна застосовувати лише за умови повної їх справності. Дозволяється застосовувати інструмент, розрахований на напругу 220 В при дотриманні вимог надійного заземлення і необхідності роботи в гумових рукавицях та діелектричних калошах (під ногами може бути гумовий килимок). При перервах в роботі інструмент повинен бути вимкнений і підвішений на спеціально призначене для цього місце.

При роботі з пневматичним інструментом необхідно перевірити справність шлангів; щільність місць їх з'єднань, безвідмовність ро-



**Зварювальні і наплавлювальні роботи.** Виконання зварювальних робіт електричною дугою має специфічні особливості, недоотримання яких може викликати ураження електричним струмом, ураження очей і відкритої поверхні шкіри, опіки від краплин металу і шлаку, отруєння шкідливими газами, випаровуваннями.

Для запобігання ураження електричним струмом корпуси джерел живлення дуги, зварювального допоміжного обладнання і зварювального виробу необхідно надійно заземлювати. Заземлення пересувних джерел живлення проводять до їх включення в силову мережу, а зняття – тільки після відключення від силової мережі. Всі зварювальні дроти повинні мати справну ізоляцію і відповідати застосованому струму.

Захист очей і відкритої поверхні шкіри від шкідливого випромінювання електричної дуги здійснюється шляхом застосування щитків, масок або шоломів.

Зварювальні і наплавлювальні роботи виконують на спеціально обладнаних робочих місцях, розміщених в ізольованих приміщеннях або на тимчасових пересувних постах. У випадку застосування тимчасового поста робоче місце зварювальника огорожується вогнестійкими щитами або закритими кабінами, обладнаними вентиляцією. Виробничі приміщення обладнуються припливно-витяжною вентиляцією з місцевим відсмоктуванням у джерел утворення шкідливих викидів (у робочих місць оператора).

Для захисту від дії променів дуги і бризок металу, шлаку зварювальник повинен працювати в брезентовому спеціальному одязі. Брезентові рукавиці необхідно надівати і щільно зав'язувати поверх рукавів кисть рук.

При виконанні газових зварювальних робіт дотримуються наступних правил техніки безпеки.

Забороняється встановлювати обладнання і проводити роботи поблизу вогненебезпечних матеріалів.

Карбід кальцію зберігають в спеціальних герметично закритих ємностях і в добре провітрюваних приміщеннях.

Ацетиленові генератори встановлюють вертикально і заправляються водою до встановленого рівня. Для кожного генератора встановлюється відповідна грануляція карбіду.

Балони (справні і перевірені) встановлюють у вертикальному по-



положенні на відстані не менше 5 м від робочого місця.

Під час запалювання пальника спочатку трохи відкривають кисневий вентиль, потім відкривають вентиль горючого газу і після короткотермінового продування шланга запалюють суміш. При гасінні ці операції виконують в оберненому порядку.

Для запобігання виникненню зворотних ударів забороняється працювати при забруднених вихідних каналах мундштуків і повністю витрачати ацетилен з генератора до повного зниження тиску. При виникненні зворотного удару полум'я, необхідно терміново закрити вентилі на пальнику, балонах і водяному затворі.

**Гальванічні роботи.** Виконання гальванічних робіт супроводжується виділенням шкідливих парів і газів, дисперсних туманів, бризок електролітів та ін. Приміщення для проведення робіт обладнується припливно-витяжною вентиляцією з відведенням безпосередньо біля місця шкідливих виділень (гальванічної ванни, шліфувально-полірувального верстата і т.п.).

Вміст шкідливих речовин у повітрі не повинен бути більше гранично допустимого, визначеного санітарними нормами. В зимовий період зовнішнє повітря повинно надходити в приміщення підігрітим.

Робочі забезпечуються спеціальним робочим одягом (гумовими чоботами, фартухами, гумовими рукавицями і халатами, захисними окулярами) залежно від характеру виконуваної роботи.

Під час приготування електроліту кислоту заливають до холодної води тонким струменем, постійно ретельно перемішуючи розчин. Пролиті кислоти повинні бути негайно нейтралізовані і прибрані. Концентровані кислоти інтенсивно розбавляють водою, засипають крейдою до повної нейтралізації, потім отриману сіль змитають і прибирають.

У всіх випадках при потраплянні на тіло кислоти або лугу необхідно негайно обробити пошкоджену ділянку водою (протягом 10 хв.).

Заповнюють ванни електролітом тільки після включення вентиляції.

Над поверхнею працюючої ванни забороняється проводити будь які роботи (огляд деталей, очищення підвіски і т.п.).

Виймають деталі з ванни спеціальними пристроями або інструментами з попереднім витримуванням для стікання електроліту у





ванну.

Підвіску, штанги, аноди чистять обов'язково мокрим способом у гумових рукавицях, користуючись сталюю щіткою

Після закінчення роботи ванни необхідно закрити кришками.

**Термічна обробка.** Терміст зобов'язаний працювати у відповідному спеціальному одязі, рукавицях і захисних окулярах. На робочому місці всі проходи повинні бути вільними від сторонніх предметів.

При обслуговуванні електричних печей особливу увагу звертають на виконання правил електробезпеки. Всі струмонесучі частини повинні бути ізольовані або огорожені. Печі повинні мати автоматичне вимикання нагрівальних елементів під час відкривання дверей печі.

При обслуговуванні печей, які працюють на газовому паливі, необхідно дотримуватися наступних правил. Пускання газу в пальник дозволяється тільки після запалювання запальника. У випадку припинення подачі газу, необхідно негайно перекрити вентиль подачі газу на вході біля печі і трубопроводу. Експлуатація печей у випадку їх несправностей, а також при порушенні тяги забороняється.

Завантажувати деталі в термічну піч необхідно справним інструментом. Розміри кліщів повинні відповідати величині, а губки – формі деталей і виробів. Рукоятки кліщів повинні мати таку довжину, щоб руки робочих не підлягали дії високої температури (не менше 750 мм).

Масляні гартувальні ванни повинні обладнуватися спеціальними випускними кранами в нижній частині для відведення води у випадку її попадання в ванну.

Опускати деталь в масло необхідно швидко, на глибину не менше 200-250 мм. При гартуванні деталей забороняється нахилитися над ванною.

Робота з печами-ваннами проводиться в окулярах і рукавицях. В печі-ванни необхідно завантажувати попередньо просушені солі, рівень яких не повинен перевищувати 75 % її висоти. У ванну завантажують тільки абсолютно сухі деталі. Для зменшення окислення розплавлених солей дзеркало ванни необхідно покривати захисним шаром. Плівка і шлаки повинні видалятися через кожні 2-3 год. за допомогою спеціальних ковшів з отворами.





**Обкатування і випробування об'єктів ремонту.** Обкатування і випробування двигунів здійснюється на випробувальній станції в окремому ізольованому приміщенні, а випробування інших об'єктів ремонту безпосередньо на ділянках їх ремонту.

Робітники забезпечуються наступними засобами індивідуального захисту: напівкомбінезон бавовняний, рукавиці комбіновані, навушники протишумні.

Перевірити зовнішнім оглядом справність обладнання, захисних кожухів, транспортувальних візків, вантажопідйомних пристроїв, механізмів та інструменту.

Переконатися в надійності кріплення гальмівного пристрою та огороження з'єднувальної муфти до фундаментної плити, з'єднання систем трубопроводів.

Всі металеві частини електричних установок, які можуть опинитися під напругою, повинні бути заземлені. Трансформатори і реостати повинні огорожуватися захисними щитами.

Переконатися в справності системи газовідведення і щільності їх з'єднань, а також проточно-витяжної вентиляції, шляхів транспортування двигунів, агрегатів на візках, вагонетках і електротельферах, освітлення робочого місця, приладів та ін.

Піднімати агрегати, редуктори, двигуни електротельфером або іншим підйомним механізмом необхідно в два етапи. Спочатку їх піднімають на висоту 200-300 мм і переконавшись в надійності кріплення здійснюють подальше піднімання або переміщення. Піднімають і опускають вантаж плавно без ривків, ударів і тільки вертикально.

Регульовальні або інші види робіт виконують після повної зупинки станда.

Під час обкатки двигуна постійно знаходитися біля пульта керування стандом. Слідкувати за показами контрольно-вимірювальних приладів, підтримуючи їх в заданих межах.

При випробуванні і обкатуванні машини здійснювати пуск двигуна стартером, пусковим двигуном або спеціальним пристроєм. Необхідно уважно спостерігати за станом працюючих вузлів. При несправностях механізмів негайно відключати машину.

Проводити польове обкатування тракторів, самохідних шасі та іншої техніки за визначеним маршрутом, встановленому керівником робіт.

**Фарбувальні роботи.** Лакофарбові матеріали в основному є токсичними і можуть шкідливо впливати на організм робітників. Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій.

Місцеві системи витяжної вентиляції від камер і робочих постів повинні обладнуватися пристроями, які запобігають забрудненню повітропроводів гарячими відкладеннями і блокуванням подачі робочих сумішей до розпилювачів при непрацюючій вентиляції.

Роботи виконуються в спеціальному одязі, спеціальному взутті та з використанням інших засобів індивідуального захисту (комбінезон бавовняний, взуття шкіряне, рукавиці комбіновані, респіратор, захисні окуляри).

Очищення поверхні під фарбування ручним або механізованим способом, а також її знежирювання проводять в місцях, обладнаних місцевим відсмоктуванням. При видаленні фарби хімічним способом необхідно надівати гумові рукавиці і знімати фарбу за допомогою шпателя.

Фарбувальник повинен дотримуватися правил пожежної безпеки, вміти застосовувати засобами пожежегасіння. Проявляти обережність під час роботи з нітрофарбами, оскільки вони легко займаються, а пари їх розчинників, змішуючись з повітрям, утворюють вибухові суміші. Лакофарбові матеріали, в основу яких входять дихлоретан і метанол, дозволяється застосовувати тільки при фарбуванні пензлем.

При фарбуванні високо розміщеного обладнання користуються добре встановленими підмостками з поручнями і необхідними пристроями.

Забораються працювати несправними інструментами і пристроями або на несправному обладнанні. Роз'єднувати і з'єднувати шланги пневматичних, фарбувальних апаратів тільки після припинення подачі повітря.

З метою зменшення забруднення робочої зони аерозолями і зайвого затуманення при фарбуванні струминним розпиленням, пульверизатор тримають перпендикулярно до поверхні, яку фарбують, на відстані не більше 350 мм. У всіх випадках при фарбуванні розпилювачем рекомендується застосовувати безповітряний метод.

В процесі нанесення матеріалу робітник повинен переміщуватися в сторону потоку свіжого повітря, щоб аерозолі і пари розчинни-



ків відносилися від них потоками повітря.

Фарбування в електростатичному полі здійснюється тільки в фарбувальній камері з обладнаною вентиляцією. При цьому вручну дозволяється тільки навішувати і знімати деталі поза камери.

Виконувати фарбувальні роботи в одній камері різнорідними фарбувальними матеріалами одночасно або без перерв на очищення камери забороняється.

### 8.3. Освітлення виробничого корпусу

Освітлення виробничих приміщень ремонтного підприємства здійснюється природним і штучним шляхом.

Природне освітлення виробничих приміщень може здійснюватися через вікна в бічних стінах (бічне), через верхні фрамуги (верхнє) або поєднанням двох способів (комбіноване).

Найчастіше застосовується бічне природне освітлення, розрахунк якого зводиться до визначення розмірів вікон та їх кількості для кожного відділення.

Висоту вікна  $h_g$  розраховують за формулою

$$h_g = H - (h_n + h_{\text{н}}), \text{ м} \quad (8.1)$$

де  $H$  – висота будівлі, м. Згідно типових проектів ремонтних підприємств  $H = 3,74\text{--}4,25$  м;

$h_n$  – відстань від підлоги до підвіконника, рівна 0,8-1,2 м.

$h_{\text{н}}$  – розмір надвіконного простору, рівний 0,3-0,5 м.

Визначивши висоту вікна приймають найближче стандартне значення.

Світлову площу віконних отворів  $S_g$  відділення визначають за формулою

$$S_g = S_n \cdot \alpha, \text{ м}^2 \quad (8.2)$$

де  $S_n$  – площа підлоги відділення,  $\text{м}^2$ ;

$\alpha$  – світловий коефіцієнт відділення, рівний 0,25-0,35.

Якщо застосовується комбіноване освітлення, розрахункову площу світлових прорізів розподіляють наступним чином

- для бічного освітлення

$$S_{g,\delta} = (0,70 - 0,75) \cdot S_{np}, \text{ м}^2 \quad (8.3)$$

- для вікон верхнього освітлення (крізь фрамуги)

$$S_{g,\epsilon} = (0,25 - 0,30) \cdot S_{np}, \text{ м}^2 \quad (8.4)$$



Приведену ширину вікна  $L_{\text{в}}$  визначають із співвідношення

$$L_{\text{в}} = \frac{S_{\text{в}}}{h_{\text{в}}}, \text{ м} \quad (8.5)$$

Необхідну кількість вікон  $n_{\text{в}}$  розраховують за формулою

$$n_{\text{в}} = \frac{L}{L_{\text{в}}}, \text{ шт.} \quad (8.6)$$

де  $L$  – стандартна ширина вікна. Рекомендована ширина вікон для ремонтного підприємства складає 1080, 1480, 1870 мм.

Штучне освітлення забезпечується електричними лампами накаливання або газорозрядними лампами різних конструкцій. Розрізняють робоче (загальне і місцеве), аварійне, евакуаційне і комбіноване штучне освітлення виробничого корпусу.

Робоче освітлення призначене для виконання виробничого процесу.

Аварійне автономне освітлення спрацьовує у випадку відключення робочого і направлене на недопущення тривалої зупинки технологічного процесу, порушення умов роботи, що можуть призвести до пожежі або вибуху та ін. Аварійна освітленість приміщення повинна становити 5 % робочого освітлення, але не менше 2 лк.

Евакуаційне освітлення призначене для безпечної евакуації людей з приміщень під час аварійного відключення робочого освітлення в місцях, небезпечних для проходу людей, вздовж основних проходів виробничих приміщень з освітленням не менше 0,5 лк.

Загальну світлову потужність для освітлення відділення  $P_{\text{в}}$  розраховують за формулою

$$P_{\text{в}} = S_n \cdot P, \text{ Вт} \quad (8.7)$$

де  $P$  – питома світлова потужність відділення, Вт/м<sup>2</sup>.

Прийнявши необхідну потужність ламп (100, 200, 300, 400 Вт) визначають їх кількість  $n_{\text{л}}$

$$n_{\text{л}} = \frac{P_{\text{в}}}{P_{\text{л}}}, \text{ шт.} \quad (8.8)$$

де  $P_{\text{л}}$  – потужність однієї лампи, Вт.

Відповідно до умов виробничого середовища приймають певний тип світильника (універсальний, герметичний та ін.).

Визначають спосіб розміщення світильників з врахуванням максимального освітлення робочих місць і розміщення обладнання (за вершинами квадрату, за вершинами прямокутника, шаховому).



## 8.4. Вентиляція виробничого корпусу

Для всіх виробничих приміщень ремонтного підприємства застосовують природну, а для окремих відділень (зварювальне, гальванічне, ковальське) і штучну вентиляцію.

За нормами промислового будівництва всі приміщення повинні мати наскрізне природне провітрювання.

Необхідна площа кватирок приймається в розмірі 2-4 % від площі підлоги (більші значення приймаються для приміщень з виділенням газів, парів та ін.).

Штучна (механічна) вентиляція приймається в приміщеннях, для яких годинна кратність повітрообміну більша трьох.

Загальну штучну вентиляцію проектують для приміщень без виділення газів, пилу, парів та ін.

Величину повітрообміну  $L_n$  розраховують за формулою

$$L_n = V_g \cdot K, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (8.9)$$

де  $V_g$  – об'єм відділення,  $\text{м}^3$ ;

$K$  – годинна кратність обміну повітря

За розрахунковою величиною підбирають вентилятор (осьовий, відцентровий). Потужність електродвигуна  $N_g$ , яка необхідна для приводу вентилятора розраховується за формулою

$$N_g = \frac{K_{em} \cdot L_g \cdot H_g}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_g \cdot \eta_{np}}, \text{ кВт} \quad (8.10)$$

де  $H_g$  – напір повітряного потоку,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ;

$\eta_g$  – коефіцієнт корисної дії вентилятора;

$\eta_{np}$  – коефіцієнт корисної дії приводу вентилятора;

$K_{em}$  – коефіцієнт, який враховує втрати напору повітряного потоку.

Виходячи з особливостей джерела шкідливих викидів і зручності обслуговування робочого місця проектують місцеву вентиляцію.

У випадку застосування витяжного зонда над робочим місцем визначають довжину приймальної частини  $A$  (рис. 8.2)

$$A = 0,8 \cdot H + h, \text{ м} \quad (8.11)$$

де:  $H$  – відстань від поверхні робочого місця до приймальної частини зонда;

$h$  – довжина обладнання.

Годинний об'єм витяжки забрудненого повітря через зонд  $L_z$  розраховується за формулою

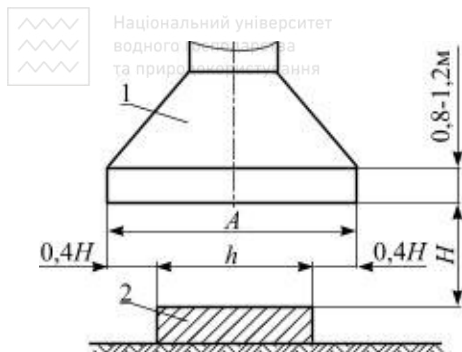


Рис. 8.2. Схема розміщення витяжного зонда над робочим місцем: 1 – витяжний зонд; 2 – обладнання

$$L_3 = v_3 \cdot S \cdot 3600, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (8.12)$$

де  $v_3$  – середня швидкість повітря в приймальній частині зонда, м/сек.

$S$  – площа приймальної частини зонда,  $\text{м}^2$ .

Площа приймальної частини зонда  $S$  розраховується за формулою

$$S = (0,8 \cdot H + h) \times (0,8 \cdot H + b), \text{ м}^2 \quad (8.13)$$

де  $b$  – ширина обладнання, м.

За розрахунковою величиною годинного об'єму витяжки забрудненого повітря через зонд підбирають вентилятор зонда і визначають потужність електродвигуна для його приводу.

## 8.5. Опалення виробничого корпусу

Максимальна годинна витрата тепла  $Q_m$ , необхідна для опалення і вентиляції приміщень розраховується за формулою

$$Q_m = V_3 \cdot (q_o + q_v) \cdot (t_3 - t_e), \text{ ккал/год.} \quad (8.14)$$

де  $V_3$  – об'єм приміщення по зовнішньому периметру,  $\text{м}^3$ ;

$q_o, q_v$  – питома витрати тепла на опалення і вентиляцію при різниці внутрішньої і зовнішньої температур в  $1^\circ\text{C}$ ,  $\text{ккал/год} \cdot \text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ ;

$t_e$  – внутрішня температура приміщення,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_3$  – мінімальна зовнішня температура під час опалювального періоду,  $^\circ\text{C}$ .

Річну витрату умовного палива  $P_y$ , необхідного для опалення виробничого корпусу розраховують за формулою

$$P_y = \frac{24 \cdot d \cdot Q_m \cdot (t_e - t_{cp}) \cdot 1,15}{7000 \cdot \eta_k \cdot (t_e - t_3)}, \text{ кг} \quad (8.15)$$

де  $d$  – кількість днів опалювального сезону;

$t_{cp}$  – середня за опалювальний період зовнішня температура повітря,  $^\circ\text{C}$ ;

$\eta_k$  – коефіцієнт корисної дії котельної установки.

Річну витрату натурального палива  $P_n$ , необхідного для опалення виробничого корпусу розраховують за формулою



$$P_n = P_y \cdot \eta_n \cdot 10^{-3}, \text{ т} \quad (8.16)$$

де  $\eta_n$  – коефіцієнт переведу умовного палива в натуральне.

Площу нагрівальних приладів  $F_n$  розраховують за формулою

$$F_n = \frac{Q_m}{K_n \cdot (t_{cp,c} - t_g)}, \text{ м}^2 \quad (8.17)$$

де  $K_n$  – коефіцієнт тепловіддачі, ккал/год. $\cdot$ м<sup>3</sup>·°C;

$t_{cp,c}$  – середня розрахункова температура води в системі водяного опалення, °C.

Кількість нагрівальних приладів  $n_n$

$$n_n = \frac{F_n}{F_l}, \text{ шт.} \quad (8.18)$$

де  $F_l$  – поверхня нагрівання одного нагрівального приладу, м<sup>2</sup>.

Розрахувавши кількість опалювальних приладів, необхідно їх розподілити за відділеннями

$$n_{від} = \frac{V_6 \cdot n_n}{V_3}, \text{ шт.} \quad (8.19)$$

де  $V_6$  – об'єм відділення, м<sup>3</sup>.

Якщо опалення ремонтного підприємства здійснюється власною котельнею, необхідно визначити поверхню нагрівання котла  $F_k$  за формулою

$$F_k = \frac{K_6 \cdot Q_m}{K}, \text{ м}^2 \quad (8.20)$$

де  $K_6$  – коефіцієнт, який враховує теплові втрати котлом і шляхопроводами;

$K$  – теплопередача 1 м<sup>2</sup> поверхні котла, ккал/год. $\cdot$ м<sup>2</sup>.

### Контрольні запитання

1. Хто здійснює контроль за дотриманням вимог охорони праці на ремонтному підприємстві? Опишіть систему управління охороною праці на ремонтному підприємстві.

2. Яких вимоги техніки безпеки необхідно дотримуватися під час виконання ремонтних робіт?

3. У чому полягає різниця між шкідливим і небезпечним виробничим фактором?

4. Які способи освітлення застосовуються для виробничих приміщень?

5. Яка відмінність між загальною і місцевою вентиляцією? Визначте габаритні розміри витяжного зонда над робочим місцем.



## КОНТРОЛЬНО-ТЕСТОВА ПРОГРАМА

Усю облікову кількість виробничих і допоміжних робітників розподіляють на:

- а) категорії
- б) розряди
- в) ранги
- г) посади

Коефіцієнт відновлення визначається, як відношення:

- а) загальної кількості продефектованих деталей до кількості продефектованих деталей, які підлягають відновленню;
- б) кількості продефектованих деталей, які підлягають відновленню до загальної кількості продефектованих деталей;
- в) кількості продефектованих деталей, які підлягають відновленню до загальної кількості продефектованих деталей, які придатні для подальшої експлуатації;
- г) загальної кількості придатних деталей до дефектних.

Видалення з поверхні найбільш великих забруднень, які мішають обслуговуванню, розбиранню, дефектуванню і механічній обробці відноситься до процесу очищення:

- а) макроочищення
- б) мікроочищення
- в) активаційного очищення
- г) віброочищення

Граничний розмір – це:

- а) розмір деталі, який визначений вимірюванням;
- б) основний розрахунковий розмір, спільний для охоплюючої і охоплюваної поверхонь;
- в) розмір, між якими може коливатися дійсний розмір;
- г) розмір охоплюваної деталі.

Яким кольором позначають цілком придатні деталі при їх контролі і сортуванні:

- а) зеленим
- б) жовтим
- в) синім
- г) червоним





Величина, обернена такту ремонтного виробництва називається:

- а) темпом
- б) фронтом
- в) тривалістю
- г) пропускною здатністю

Пластичні матеріали, які здатні при багаторазовому нагріванні і охолодженні розм'якшуватися, плавитися і знову тверднути називаються:

- а) термопластичними
- б) термореактивними
- в) термостійкими
- г) релаксаційними

Електрод, який приєднаний до від'ємного полюса джерела струму при гальванічному відновленні деталі називається:

- а) катіоном
- б) катодом
- в) аніоном
- г) анодом

Як називається метод ремонту, при якому всі деталі і комплекти, що належать машині, після ремонту встановлюють на ту ж машину:

- а) не знеособлений
- б) знеособлений
- в) агрегатний
- г) поточний

Діаметр отвору деталі визначають наступним вимірювальним інструментом:

- а) мікрометром
- б) нутроміром
- в) манометром
- г) зубоміром

Завідуючий ремонтною майстернею відноситься до категорії:

- а) виробничого робітника;
- б) службовця;
- в) інженерно-технічного працівника
- г) молодшого обслуговуючого персоналу



Сукупність взаємопов'язаних дій людей і засобів виробництва, необхідних на підприємстві для виготовлення або ремонту машин називається:

- а) виробничим процесом
- б) технологічним процесом
- в) технічним процесом
- г) груповим процесом

Як називається вид термічної обробки, при якій деталь нагрівають до визначеної температури і потім повільно охолоджують для зняття внутрішніх напружень, пониження твердості і збільшення в'язкості металу:

- а) відпуск
- б) загартування
- в) нормалізація
- г) відпалювання

За якою технологією ремонту здійснюють комплектування партії деталей за назвами без урахування наявності в них однотипних дефектів:

- а) подефектна
- б) маршрутна
- в) маршрутно-групова
- г) моршрутно-дефектна

При якому процесі нанесення покриття на поверхню деталі здійснюється за допомогою високотемпературного швидкісного струменя:

- а) імпульсно-дугове наплавлення
- б) контактне наварювання
- в) детонаційне напилення
- г) вібродугове наплавлення

До якої класифікаційної ознаки дефектів машин відносяться критичні дефекти:

- а) за характером прояву
- б) за ступенем впливу на ресурс
- в) за взаємозв'язком
- г) за методом виявлення



Електрод, який приєднаний до позитивного полюса джерела струму при гальванічному відновленні деталі називається:

- а) катіоном
- б) катодом
- в) аніоном
- г) анодом

Як називаються засоби виробництва, які додаються до обладнання для виконання технологічного процесу:

- а) технологічним обладнанням
- б) технологічними засобами
- в) технологічною оснасткою
- г) технологічними позиціями

Який метод балансування характеризується обертанням деталі для визначення місця розташування компенсуючи мас:

- а) статичний
- б) статистичний
- в) швидкісний
- г) динамічний

Оперативний час на виконання операцій складається з часу:

- а) основного і додаткового
- б) основного і підготовчо-заключного
- в) основного і оперативного
- г) основного і допоміжного

Зі збільшенням глибини різання при обточуванні циліндричних поверхонь кількість проходів при незмінному припуску на обробку:

- а) збільшується
- б) зменшується
- в) не залежить від припуску
- г) не залежить від глибини різання

Технологічний процес ремонту групи деталей з загальними конструктивними і технологічними ознаками називається:

- а) одиничний
- б) типовий
- в) груповий
- г) масовий



При терті ковзання з дуже малими зворотно-поступальними переміщеннями і динамічному прикладенні навантаження має місце:

- а) фретинг-корозія
- б) адгезійне спрацювання
- в) ерозія
- г) кавітація

Спосіб захисту зони зварювання, неперервність процесу, ступінь механізації відносять до ... ознак зварювання, наплавлення:

- а) фізичних
- б) технологічних
- в) хімічних
- г) технічних

Як називається метод ремонту, при якому несправні агрегати і комплектні групи машини замінюються відремонтованими або новими:

- а) не знеособлений
- б) знеособлений
- в) агрегатний
- г) поточний

При спрацюванні поверхонь спряження у підшипниках необхідно:

- а) наплавити внутрішнє кільце
- б) замінити підшипник
- в) замінити зовнішнє кільце
- г) замінити сепаратор

Ремонтний розмір спрацьованої поверхні вала порівняно з номінальним заводським:

- а) більший
- б) менший
- в) однаковий
- г) довільний

Зварювальні флюс призначені:

- а) для підсилення сили струму
- б) для захисту зварювальної зони від повітря
- в) для підвищення швидкості подачі дроту
- г) для захисту електродного дроту



За характером виникнення взаємовиключні несправності можуть бути результатом:

- а) нормального спрацювання або аварій;
- б) тільки результатом нормального спрацювання;
- в) наслідком аварії або порушення правил експлуатації
- г) тільки в результаті аварії

Як відбувається спрацювання при терті ковзання:

- а) ущільнення матеріалу поверхонь і відшарування у вигляді плівок ущільненого шару;
- б) сколювання мікронерівностей на поверхнях і видалення частинок спрацювання;
- в) втомленість металу при контактних повторюваних навантаженнях з наступним руйнуванням;
- г) теплове навантаження і ущільнення матеріалу

Форма організації праці, при якій весь обсяг основних ремонтних робіт виконується визначеною групою робочих називається:

- а) бригадна
- б) постова
- в) бригадно-постова
- г) індивідуальна

Процес, при якому метал розплавляється електричною дугою і потім струменем стиснутого повітря наноситься на поверхню відновлюваної деталі називається:

- а) електродуговою металізацією
- б) плазмовою металізацією
- в) газовою металізацією
- г) порошковою металізацією



**Автоматичне зварювання** – зварювання, яке виконується машиною за заданою програмою, без безпосередньої участі людини.

**Агрегат** – самостійний механізм, який складається з кількох вузлів і виконує визначені закінчені функції.

**Базова деталь** – деталь, з якої починають складання машини, приєднуючи до неї інші деталі або складальні одиниці.

**Балансування** – процес визначення значень і кутів дисбалансів деталей та їх зменшення шляхом коректування мас.

**Величина (масштаб) дефектів** – кількісна характеристика відхилень фактичних розмірів і (або) форми деталей та їх поверхонь від номінальних значень з врахуванням припуску на підготовчу обробку перед відновленням.

**Взаємозамінність** – властивість конструкції задовольняти оптимальним експлуатаційним і виробничим показникам, обумовлена виготовленням складових частин конструкції в заданих допусках на геометричні, фізичні та інші функціональні параметри якості

**Випробування** – експериментальне визначення кількісних і якісних характеристик властивостей об'єкта випробувань як результату впливу на нього, при його функціонуванні, при моделюванні об'єкта і впливів.

**Виріб** – предмет або набір предметів виробництва, які підлягають виготовленню або ремонту на підприємстві.

**Виробничий процес ремонту** – сукупність організаційно-технічних і технологічних дій, необхідних для здійснення ремонту машин, обладнання та іншої техніки.

**Вузол** – зчленування кількох деталей, які виконують окремі функції.

**Газове зварювання** – зварювання плавленням, в результаті якого нагрівання кромки з'єднувальних частин і присадного матеріалу здійснюється теплотою горіння горючих газів в кисні.

**Газотермічне напилення** – процес нанесення покриттів на поверхні деталей різної конфігурації за допомогою високотемпературного швидкісного струменя, який містить частинки порошку або краплини розплавленого матеріалу, що осаджується на поверхні під час ударного зіткнення.

**Герметик** – композиція на основі полімерів і олігомерів, при-



значена для отримання еластичного з'єднання, непроникного для води, газів та інших продуктів.

**Гігієна праці** – медична наука, яка вивчає вплив навколишнього виробничого середовища і характеру трудової діяльності на організм працюючого.

**Граничний розмір** – два граничні значення розміру, між якими повинен знаходитися дійсний розмір

**Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони** – концентрації, які при щоденній (крім вихідних днів) роботі протягом 8 год. або іншій тривалості, але не більше 40 год. в тиждень, протягом всього робочого стажу не можуть викликати захворювання або відхилень в стані здоров'я, які виявляються сучасними методами досліджень, під час роботи або в окремі терміни життя теперішнього і наступних поколінь.

**Груповий технологічний процес** – технологічний процес виготовлення або ремонту групи об'єктів з різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками.

**Деталь** – окрема частина машини, виготовлена з однорідного матеріалу без складальних одиниць.

**Дефект** – кожна окрема невідповідність продукції встановленим вимогам.

**Динамічне балансування** – балансування, під час якого визначаються і зменшуються дисбаланси деталі, що характеризують його динамічну незрівноваженість.

**Дисбаланс** – векторна величина рівна добутку незрівноваженої маси на її ексцентриситет.

**Дійсний розмір** – розмір, отриманий в результаті вимірювань з допустимою похибкою

**Електрична зварювальна дуга** – стійкий тривалий електричний розряд в газовому середовищі між електродами і зварювальним виробом (між двома електродами) при високій густині струму і супроводжується виділенням значної кількості теплоти.

**Електробезпека** – система організаційних і технічних заходів і засобів, які забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

**Електроліз** – хімічний процес, який протікає на електродах під час проходження електричного струму через електроліт.



**Електроліт** – кислоти, луги і солі, розчинені у воді, які дисоціюють, розпадаючись при цьому на позитивні і негативні іони.

**Електромеханічна обробка** – різновид способу відновлення деталей пластичним деформуванням, який полягає у локальному поверхневому нагріванні у місці контакту інструменту і деталі, що знаходяться під напругою.

**Електрохімічний еквівалент** – маса речовини, яка виділяється на катоді або розчинному аноді при проходженні через електроліт одиниці кількості електроенергії.

**Зварне з'єднання** – ділянка конструкції, в якій окремі її елементи з'єднані за допомогою зварювання.

**Зварний шов** – закристалізований метал, який в процесі зварювання знаходився в розплавленому стані.

**Зварювання** – отримання нероз'ємних з'єднань шляхом встановлення міжатомних зв'язків між з'єднуваними частинами під час їх нагрівання і (або) пластичному деформуванні.

**Клей** – речовина або суміш речовин органічної, елементоорганічної або неорганічної природи, які володіють доброю адгезією, когезійною міцністю, достатньою еластичністю, мінімальною усадкою і здатні до отвердіння з утворенням міцних клесних з'єднань.

**Комплектування** – це підбір повного комплексу деталей для вузла та агрегату, необхідність якого обумовлюється тим, що під час ремонту використовують як нові, так і деталі з ремонтними та допустимими розмірами (допустиме спрацювання).

**Макроочищення** – процес видалення з поверхні найбільш великих забруднень, які заважають обслуговуванню, розбиранню, дефектуванню і механічній обробці.

**Маршрут** – визначена послідовність усунення дефектів деталей машин.

**Маршрутна технологія ремонту деталей** – технологія ремонту деталей, розроблена згідно визначеного маршруту.

**Машина** – сукупність механізмів і деталей для перетворення енергії в механічну роботу.

**Методи ремонту машин** – сукупність технологічних і організаційних правил виконання операцій ремонту.

**Механізоване зварювання** – зварювання, яке виконується із застосуванням машин і механізмів, що керуються людиною.

**Мікроочищення** – процес видалення забруднень з мікронерів-





ностей поверхні для підготовки до фінішних операцій обробки.

**Наплавлення** – нанесення шляхом зварювання плавленням шару металу на поверхню виробу.

**Незрівноваженість** – стан деталі, який характеризується таким розподілом мас, які під час її обертання викликають змінні навантаження на опорах, а також згин деталі.

**Номінальний розмір** – основний розмір, визначений виходячи з функціонального призначення деталі і служить початком відліку відхилень

**Норма часу** – час, необхідний для виконання робіт з ремонту деталі, машини.

**Одиничний технологічний процес** – технологічний процес виготовлення або ремонту об'єкта одного найменування, типорозміру і виконання, незалежно від типу виробництва.

**Операція** – це частина технологічного процесу, яку виконують на одному робочому місці.

**Отвердіння клею** – зміна агрегатного стану клею та його фізичних властивостей в результаті хімічних процесів при нагріванні, введення каталізаторів і т.д.

**Охорона праці** – система правових, соціально-економічних, організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, які забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

**Плазма** – високотемпературний, сильно іонізований газ, електрично нейтральна суміш позитивно заряджених, негативно заряджених і нейтральних частинок.

**Пластичне деформування** – здатність металів змінювати свою форму і розміри без руйнування під дією навантаження за рахунок пластичної деформації.

**Пластичні маси** – матеріали, основу яких складають полімери, які знаходяться в період формування виробу у в'язкотекучому або високоеластичному стані.

**Поверхнєве пластичне деформування** – обробка тиском, при якому пластично деформується тільки поверхневий шар металу.

**Подетальна технологія ремонту** – маршрутна технологія ремонту, в якій кожний маршрут призначений для ремонту деталей одного найменування.

**Полімер** – високомолекулярні з'єднання, молекули яких (мак-



ромолекули) складаються з великої кількості однакових групувань, з'єднаних хімічними зв'язками.

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

**Ремонт** – відновлення працездатності машини, її окремих агрегатів, вузлів і деталей, порушених внаслідок спрацювання і поломок під час експлуатації.

**Ремонтний комплект** – заздалегідь підготовлена складова частина або складальна одиниця машини, яка використовується, як правило, без розукомплектування при ремонті з метою підвищення якості ремонту і зниження простою при відмовах.

**Робоче місце** – зона трудової діяльності одного або декількох робітників (виконавців), призначена для виконання визначених операцій технологічного процесу.

**Робочий пост** – частина виробничої площі, призначена для виконання визначених операцій, технологічного процесу з необхідним обладнанням, пристроями та інструментом.

**Розбирання** – сукупність операцій, призначених для роз'єднання об'єктів ремонту на складальні одиниці і деталі, у визначеній технологічній послідовності.

**Ручне зварювання** – зварювання, яке виконується людиною за допомогою інструменту, що отримує енергію від спеціального джерела.

**Система технічного обслуговування і ремонту** – це комплекс взаємопов'язаних положень та норм, які визначають організацію, порядок виконання робіт з технічного обслуговування, ремонту машин в заданих умовах експлуатації з метою забезпечення високоякісної експлуатаційної обкатки нових і відремонтованих машин, їх технічного обслуговування, зберігання та ремонту відповідно до умов, передбачених нормативною документацією.

**Складання** – утворення з'єднань складових частин машини

**Склеювання** – метод створення нероз'ємного з'єднання елементів конструкцій за допомогою клею

**Собівартість ремонту** – сума прямих і накладних витрат.

**Спрацювання** – це процес руйнування і видалення матеріалу з поверхні деталі і (або) накопичення її залишкової деформації під



час тертя, що проявляється в поступовій зміні ваги (маси), розмірів і форми деталей.

**Спряжувана деталь** – одна з деталей, яка має спряження з іншими деталями.

**Статичне балансування** – балансування, під час якого визначається і зменшується головний вектор дисбалансів деталі, що характеризує його статичну незрівноваженість.

**Термічна обробка** – сукупність послідовно проводжуваних операцій нагрівання виробів до заданих температур, витримування їх при цих температурах протягом визначеного часу і швидкого або повільного охолодження.

**Техніка безпеки** – система організаційних і технічних заходів і засобів, які запобігають впливу на робітників шкідливих виробничих факторів.

**Технологічна оснастка** – засоби технологічного оснащення, які доповнюють обладнання для виконання частини технологічного процесу.

**Технологічне обладнання** – знаряддя виробництва, в яких для виконання окремих частин технологічного процесу розміщуються об'єкти ремонту або матеріали, засоби дії на них, а при необхідності – джерело енергії.

**Технологічний процес ремонту** – основна частина виробничого процесу, яка містить дії з послідовної зміни стану об'єктів ремонту або його складових частин (деталь, вузол, агрегат, машина) в процесі відновлення їх справності або роботоздатності.

**Тип виробництва** – класифікаційна категорія виробництва, яка виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності і обсягом випуску продукції.

**Типовий технологічний процес** – технологічний процес виготовлення або ремонту групи об'єктів з загальними конструктивними і технологічними ознаками.

**Умови праці** – сукупність факторів виробничого середовища, які оказують вплив на здоров'я і працездатність людини в процесі праці.

**Хіміко-термічна обробка** – процес насичення поверхневого шару сталейних деталей різними елементами.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. – М.: ГОСНИТИ, 2003. – 488 с.
2. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
3. Ремонт машин / Под ред. Тельнова Н.Ф. – М.: Агропромиздат, 1992. – 560 с.
4. Ремонт машин / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, А.Я. Поліський та ін.; За ред. О.І. Сідашенка, А.Я. Поліського. – К.: Урожай, 1994. – 400 с.
5. Авдеев М.В. Технология ремонта машин и оборудования: Учеб. пособие / М.В. Авдеев, Е.Л. Воловик, И.Е. Ульман. – М.: Агропромиздат, 1986. – 244 с.
6. Ремонт дорожных машин, автомобилей и тракторов / Б.С. Васильев, Б.П. Долгополов, Г.Н. Доценко и др.; Под ред. В.А. Зорина. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 512 с.
7. Полосин М.Д. Техническое обслуживание и ремонт дорожно-строительных машин / М.Д. Полосин, Э.Г. Ронинсон. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 352 с.
8. Техническая эксплуатация и ремонт торфяных машин. Учебн. пособие для вузов / В.Ф. Иванов, А.Н. Лукьянчиков, Н.Ф. Филатов и др. – М.: Недра, 1988. – 318 с.
9. Ремонт дорожных машин / В.Ф. Ткаченко, В.П. Смагин, А.В. Желнаков, В.И. Бугаев. – М.: Транспорт, 1981. – 237 с.
10. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
11. Башкирцев В.И. Клеи и герметики для автомобиля / В.И. Башкирцев, Г.В. Малышева, С.Н. Гладких. – М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2003. – 112 с.
12. Баранов Л.Ф. Техническое обслуживание и ремонт машин: Учеб. пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 416 с.
13. Карагодин В.И. Ремонт автомобилей и двигателей / В.И. Карагодин, Н.Н. Митрохин. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 496 с.
14. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий. – М.: Высш. шк., 1991. – 271 с.



## ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Аніони 112

Анод 112

База ремонтна 10

Балансування динамічне 64

– статичне 63

Взаємозамінність деталей 17

Виробництво ремонтне масове 12

– – одиничне 12

– – серійне 12

Виробничий фактор небезпечний 156

– – шкідливий 155

Галтування 115

Герметики 132

Дефект 29

Дефектування 55

Деформування пластичне вдавлюванням 123

– – витягуванням 123

– – електромеханічною обробкою 124

– – накатуванням 123

– – обкочуванням 127

– – обтисканням 122

– – осадженням 121

– – правкою 121

– – роздаванням 122

Економічний ефект відновлення деталей 139

Залізнення 118

Засіб захисту індивідуальний

155

– – колективний 155

Знежирювання 116

Катіони 112

Катод 112

Класифікація дефектів 29

– затрат робочого часу 143

– несправностей машин 20

– способів відновлення деталей 86

– стендів розбирально-складальних 54

Клеї 130

Коефіцієнт вибракування деталей 33

– – відновлення деталей 33

– – закріплення операцій 12

– – повторюваності дефекту 34

– – придатності деталей 33

– – технічної готовності 9

Комплект ремонтний 59

Комплектування відділень 81

– деталей 62

Компонування відділень підприємств 72

Корпус виробничий, вентиляція 165

– –, опалення 166

– –, освітлення 163

Крацювання 115

Критерій граничного стану економічний 24

– – технічний 24

– – технологічний 24



**Метод вимірювання абсолютний 34**

— відносний 34

**Метод дефектоскопії акустичний 39**

— гідравлічний 39

— електромагнітний 44

— капілярний 38

— магнітний 41

— радіаційний 44

**Метод контролю безконтактний 34**

— диференціальний 35

— комплексний 35

— контролю контактний 34

— органолептичний 38

**Метод нормування аналітичний 141**

— порівняльний 142

— сумарний 142

**Метод обкатування замкненим контуром 67**

— розімкненим контуром 66

**Метод організації ремонту агрегатний 15**

— бригадний 14

— вузловий 15

— знеособлений 13

— не знеособлений 13

— поточний 16

— поточно-вузловий 16

**Метод поверхневого пластичного деформування статичний 126**

— ударний 126

**Накладні витрати 137**

**Намагнічування комбіноване 42**

— полюсне 43

— циркуляційне 42

**Напилення високочастотне 106**

— газополуменеве 106

— детонаційне 108

— електродугове газотермічне 105

— плазмове 107

**Наплавлення автоматичне 97**

— вібродугове 102

— в середовищі захисного газу 100

— дугове під шаром флюсу 98

— напівавтоматичне 97

**Наповнювачі 69**

**Натирання електролітичне 114**

**Нормування робіт зварювальних 149**

— металорізальних 147

— слюсарних 152

**Обкатування агрегатів силової передачі 66**

— двигунів 65

— машини після ремонту 67

**Оксидування 119**

**Охорона праці 153**

**Очищення 50**

**Пігменти 69**

**Пластифікатори 69**

**Пластичні маси термопластичні 130**

— термореактивні 130

**Покриття гальванічне захисне 116**

— захисно-декоративне 116





— —, слюсарно-механічною  
обробкою 88

Спрацювання абразивне 22

— гідроабразивне 22

— механічне 22

— окислювальне 22

Сушіння лакофарбових по-  
криттів 71

Такт виробництва 76

Термічна обробка відпалю-  
вання 136

— — відпуск 136

— — загартування 136

— — нормалізація 136

Техніка безпеки робіт гальва-  
нічних 159

Техніка безпеки робіт зварю-  
вально-наплавлювальних 158

— — — мийно-очисних 156

— — — обкатувальних 161

— — — розбирально-  
складальних 157

— — — термічних 160

— — — фарбувальних 162

Технологія маршрутна 58

— маршрутно-групова 59

— подефектна 58

Фарбування 69

Форма організації виробницт-  
ва, концентрація 11

— — —, кооперування 11

Фосфатування 119

Фотографування робочого дня  
142

Фретинг-корозія 23

Фронт ремонту 76

Хіміко-термічна обробка азо-  
тування 136

— — — алітування 136

— — — силіціювання 136

— — — цементация 136

Хронометраж 142

Час додатковий 146

— допоміжний 145

— машинний 145

— оперативний 146

— організаційно-технічного  
обслуговування 146

— перерв на відпочинок 146

— підготовчо-заклучний 146

— ручний 145

— штучний 146





Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Навчальне видання

*Ігор Олександрович Хітров*  
*Володимир Степанович Гавриш*

## РЕМОНТ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

Навчальний посібник



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Підписано до друку \_\_.\_\_.2011 р. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Папір друкарський № 1. Гарнітура Times. Друк різнографічний.  
Ум.-друк. арк. \_\_. Обл.-вид. арк. \_\_.  
Тираж 100 прим. Зам № \_\_\_\_\_

*Редакційно-видавничий центр*  
*Національного університету*  
*водного господарства та природокористування*  
*33028, Рівне, вул. Соборна, 11*