

ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ

# ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ

КУРС ЛЕКЦІЙ



ХАРКІВ 2017

**О.І. СІДАШЕНКО, О.І. ТІХОНОВ, С.О. ЛУЗАН,  
Т.С. СКОБЛО, Н.М. ПІЛЬГУЙ, В.К. АВЕТІСЯН,  
О.В. САЙЧУК, В.Л. МАНІЛО**

# **ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ**

**КУРС ЛЕКЦІЙ**

**Харків 2017**

**УДК 631.3(004.67(075))**

**С 35**

*Рекомендовано Вченою радою Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка протокол № 12 від 22 червня 2017 р як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації*

**Рецензенти:**

**Черновол М.І.** - доктор технічних наук, професор Кіровоградського національного технічного університету;

**Ружилю З.В.** - кандидат технічних наук, доцент Національного університету біоресурсів та природокористування України, м. Київ;

**Науменко А.О.** - кандидат технічних наук, доцент Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка.

**С 35**

Сідашенко О.І.

Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. / Сідашенко О.І. Тіхонов О.І., Лузан С.О. та інші.  
Навч. посібник – Харків: ХНТУСГ, 2017.– 361 с.

**ISBN 978-966-97498-6-4**

Під час підготовки даного курсу лекцій використано вітчизняний і закордонний досвід у ремонті техніки, відповідні наукові розробки, а також результати фундаментальних наукових досліджень, виконаних та впроваджених в навчальний процес за участю авторів. Курс лекцій надруковано на українській та англійській мовах окремими книгами.

Запропонований курс лекцій може бути корисним не тільки для студентів і викладачів інженерних спеціальностей вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації, магістрів, аспірантів, а також для широкого кола інженерних та технічних працівників машинобудівних і ремонтних підприємств та майстерень технічного сервісу різних форм власності, як в Україні так і в закордонних англійськомовних державах.

Іл. 161. Табл. 9. Бібліограф: 12 назв.

ISBN 978-966-97498-6-4

УДК 631.3(004.67(075))

© Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, 2017

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>9</b>
<b><i>Лекція № 1 Вступ до дисципліни ТСРВ. Теоретичні основи технології виробництва та ремонту машин. ....</i></b>	<b>11</b>
Зміна технічного стану машин і виникнення дефектів деталей. .....	11
Класифікація видів зношування. ....	14
Вплив макро- і мікроструктури матеріалу деталей на їх експлуатаційні властивості.....	19
Загальні закономірності процесу зношування.....	20
Методи визначення зносу.....	22
<b><i>Лекція № 2 Загальний технологічний процес ремонту машин та обладнання. Основні поняття та визначення. ....</i></b>	<b>26</b>
Структура технологічного процесу ремонту машин. ....	26
Діагностування об'єктів ремонту. ....	30
Приймання машин в ремонт. ....	31
Розбирання машин, агрегатів і вузлів. ....	32
<b><i>Лекція № 3 Очищення об'єктів ремонту.....</i></b>	<b>47</b>
Класифікація видів забруднення.....	47
Характеристика миючих засобів. Фізико-механічні основи миючих засобів.....	50
Мийно-очисне технологічне обладнання. ....	56
Контроль якості очищення.....	65
<b><i>Лекція № 4 Дефектація деталей.....</i></b>	<b>66</b>
Критерії граничного стану деталей і спряжень. ....	66
Методи дефектації. ....	69
Загальні методи усунення дефектів зношених деталей спряжень. ....	80

***Лекція № 5 Комплектування деталей. Складання, обкатування та випробування вузлів, агрегатів і машин. Фарбування, сушіння, контроль якості лакофарбових покриттів. .... 85***

**Комплектування деталей..... 85**

**Складання вузлів, агрегатів і машин. .... 86**

**Балансування деталей і вузлів машин. .... 90**

**Обкатування і випробування вузлів, агрегатів та машин. .... 92**

**Фарбування машин. .... 93**

**Сушіння і контроль якості лакофарбових покриттів. .... 101**

***Лекція № 6 Основні способи відновлення деталей зварюванням і наплавленням ..... 104***

**Класифікація складових частин технологічного процесу ремонту (відновлення) деталей. .... 104**

**Газове зварювання і наплавлення..... 108**

**Воднево-кисневе газовозе зварювання. .... 112**

**Режими газового зварювання (наплавлення)..... 113**

**Особливості зварювання деталей з чавуну. .... 117**

**Способи відновлення деталей з алюмінієвих сплавів. .... 118**

**Наплавлення деталей під шаром флюсу..... 120**

**Наплавлення деталей в середовищі захисних газів. .... 123**

**Вібродугове наплавлення деталей..... 124**

***Лекція № 7 Газотермічне напилення деталей. .... 126***

**Класифікація газотермічних покриттів..... 126**

**Газополум'яне напилення. .... 128**

**Детонаційне напилення..... 130**

**Електродугове напилення..... 131**

**Плазмове напилення..... 132**

**Плазмово-дугове напилення. .... 133**

Високочастотне плазмове напилення. ....	134
Електроіскрове нарощування. ....	136
<i>Лекція № 8 Електролітичне нарощування деталей і застосування полімерних матеріалів при виробництві та ремонті деталей. ....</i>	<i>139</i>
Процес електролітичного осадження металів та його основні характеристики.....	139
Вплив умов електролізу на структуру та властивості покриттів .....	139
Полімерні матеріали при ремонті деталей.....	144
Засоби відновлення зношеного шару полімерними матеріалами .....	145
Застосування синтетичних клеїв. ....	147
<i>Лекція № 9 Основні способи відновлення і зміцнення деталей .....</i>	<i>149</i>
Відновлення деталей пластичним деформуванням .....	149
Відновлення деталей поверхневим пластичним деформуванням .....	151
Термомеханічна обробка металів .....	158
Електромеханічна обробка .....	159
Зміцнення поверхонь деталей термічною і хіміко-термічною обробкою.....	161
Механічна обробка деталей .....	163
Застосування паяння під час ремонту деталей .....	167
Електроерозійна обробка .....	168
Анодно-механічна обробка .....	169
Відновлення деталей за допомогою лазера .....	170
Відновлення встановленням додаткових ремонтних деталей .....	172

<b><i>Лекція № 10 Основи уніфікації технологічних процесів .....</i></b>	<b><i>174</i></b>
Класифікація деталей сільськогосподарської техніки .....	174
Ремонт деталей класу «Стрижні круглі» .....	177
Ремонт деталей класу «Циліндри порожнисті» .....	183
Ремонт деталей класу «Диски» .....	185
Ремонт деталей класу «Важелі» .....	187
Ремонт деталей класу «Корпусні деталі» .....	188
Ремонт деталей класу «Деталі площинні» .....	190
Види технологічних процесів і вихідна інформація .....	191
Ремонтний кресленик і схема розбирання складання .....	192
<b><i>Лекція № 11 Ремонт двигунів та турбокомпресорів. ....</i></b>	<b><i>198</i></b>
Ремонт кривошипно-шатунного механізму .....	198
Комплектування шатунно-поршневої групи. ....	200
Ремонт газорозподільного механізму .....	203
Ремонт системи мащення .....	208
Ремонт системи охолодження .....	209
Ремонт системи живлення .....	211
Випробування, обкатка і регулювання паливних насосів .....	217
Випробування, обкатка і регулювання розподільних насосів. .....	219
Ремонт турбокомпресора. ....	220
Складання турбокомпресора .....	221
Складання, обкатка і випробування двигунів. ....	223
<b><i>Лекція № 12 Особливості ремонту трансмісії і ходової частини. ....</i></b>	<b><i>231</i></b>
Ремонт агрегатів та вузлів трансмісії. ....	231
Ремонт основних вузлів ходової частини гусеничних тракторів. .....	241

Ремонт ходової частини і механізму керування колісних тракторів і автомобілів.....	245
<i>Лекція № 13 Ремонт сільськогосподарських машин, комбайнів і знарядь.....</i>	<i>251</i>
Характерні дефекти деталей робочих органів ґрунтообробних та посівних машин і їх ремонт. ....	251
Ремонт зернозбиральних комбайнів. ....	262
Ремонт спеціальних комбайнів. ....	270
<i>Лекція № 14 Ремонт автотракторного електрообладнання, вузлів гідросистеми, кабін і кузовів. ....</i>	<i>275</i>
Ремонт акумуляторних батарей. ....	275
Ремонт приладів системи запалювання.....	282
Ремонт гідравлічних систем.....	288
Ремонт кузовів і кабін. ....	297
<i>Лекція № 15 Ремонт обладнання для тваринництва, технологічного, електросилового і підйомно-транспортного обладнання. ....</i>	<i>298</i>
Особливості умов експлуатації обладнання для тваринництва. ....	298
Ремонт машин і обладнання для приготування кормів. ....	298
Ремонт обладнання для машинного доїння, первинної обробки і переробки молока.....	302
Ремонт транспортерів. ....	305
Ремонт стригальних машин. ....	308
Ремонт обладнання птахоферм та інкубаторів.....	309
Ремонт водопровідного та водонапірного обладнання.....	309
Ремонт систем каналізації, вентиляції і опалення. ....	311
Ремонт обладнання для отримання гарячої води і пари. ....	312
Ремонт технологічного обладнання. ....	314



Ремонт електросилового обладнання.....	318
Ремонт підйомно-транспортного обладнання (ПТМ). .....	320
<i>Лекція №16 Автоматизація технологічних процесів ремонту машин.....</i>	<i>324</i>
Призначення та сутність механізації та автоматизації технічних процесів ремонту. ....	324
Автоматизація технологічних операцій очищення, діагностування.....	325
Автоматизація операцій відновлення деталей, обкатування, фарбування.....	330
Застосування промислових роботів у ремонтному виробництві. ....	333
Показники якості і методи оцінювання рівня якості відремонтованої сільськогосподарської техніки. ....	334
Система і організаційні основи управління якістю продукції на ремонтних підприємствах.....	338
Види і методи контролю якості продукції.....	340
Класифікація браку, стабільність, технічний контроль, сертифікація продукції.....	342
<i>Лекція № 17 Застосування нанотехнологій у виробництві ...</i>	<i>345</i>
Спеціальна термінологія .....	345
Історія розвитку нанотехнологій.....	348
Нанотехнології в новинках завтрашнього дня .....	352
Основні способи одержання наноматеріалів .....	355
Зміцнення і відновлення деталей .....	356
<i>Література .....</i>	<i>360</i>

## ВСТУП

Технологія ремонту машин та обладнання – комплексна дисципліна, яка представляє собою велику область наукових знань, кожний з розділів якої має самостійне значення.

Предметом навчальної дисципліни «Технологія ремонту машин та обладнання» (ТРМО) – є сукупність функціонально пов'язаних засобів технологічного оснащення, предметів виробництва та виконавців для впливу на несправні складові частини машин, відповідних знарядь виробництва з метою відновлення справності машин при найменших витратах праці та коштів.

ТРМО базується на знаннях загальнотехнічних, загальнотеоретичних і професійноорієнтованих дисциплін, яка по-винна викладатись після вивчення курсів: “Вища математика”, “Хімія”, “Фізика”, “Матеріалознавство і ТКМ”, “Деталі машин і основи конструювання”, “Трактори та автомобілі”, “Сільськогосподарські машини”, “Машини і обладнання для тваринництва”, “Надійність машин”.

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

Зміст дисципліни полягає у вирішуванні практичних та теоретичних питань при використанні ремонтної інформації для ефективного впливу на виробництво машин, а також забезпечення їх працездатності на стадії експлуатації. Для підвищення надійності машин та обладнання необхідно об'єднувати всі впливи в єдину потужну систему, яка передбачає комплекс технологій під час ремонту, на базі сучасних досягнень науки та світового досвіду.

Сутність дисципліни полягає у вивченні загального технологічного процесу ремонту та особливостей виробництва, основних технологічних засобів які застосовуються під час ремонту або відновлення деталей машин.

Під час підготовки даного курсу лекцій використано вітчизняний і закордонний досвід у ремонті техніки, відповідні наукові

розробки, а також результати фундаментальних наукових досліджень, виконаних та впроваджених в навчальний процес за участю авторів. Матеріал, викладений відповідно до навчальної програми, сприятиме якісній і цілеспрямованій підготовці фахівців з питань ремонту машин та обладнання.

Курс лекцій надруковано українською та англійською мовами окремими книгами для студентів, які навчаються в вузі англійською мовою та англомовних студентів, які навчаються за відповідним освітнім напрямом в Україні. До складу курсу увійшли 17 лекцій що дозволяє викладачам дисципліни маневрувати кількістю лекцій згідно з конкретною навчальною програмою. Англомовний курс лекцій дозволяє закордонним фахівцям ознайомитися зі структурою, технологією і досвідом ремонтного виробництва України.

Запропонований курс лекцій може бути корисним не тільки для студентів і викладачів інженерних спеціальностей вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації, магістрів, аспірантів, а також для широкого кола інженерних та технічних працівників машинобудівних і ремонтних підприємств та майстерень технічного сервісу різних форм власності, як в Україні так і в закордонних англомовних державах.

## Лекція № 1

### Вступ до дисципліни ТСРВ. Теоретичні основи технології виробництва та ремонту машин.

#### Зміна технічного стану машин і виникнення дефектів деталей.

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

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

Як показують дослідження та практика, з одного боку, ремонту сільськогосподарської техніки уникнути технічно неможливо, а з другого – він є економічно доцільний. Адже більшість зношених деталей має високу залишкову вартість: при їх відновленні витрачається у 20-30 разів менше металу і матеріалів, ніж при виготовленні нових.

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

Технологія ремонту машин тісно пов'язана з технологією машинобудування (у тому числі автотракторного і сільськогосподарського). Але, якщо технологія машинобудування – це галузь науки, яка займається вивченням закономірностей, діючих у процесі виго-

товлення машин, то технологія ремонту – це галузь науки, яка займається вивченням закономірностей у процесі їх ремонту. Технологію ремонту машин від технології їх виготовлення відрізняє ряд суттєвих особливостей, які дозволяють виділити її серед інших наук як самостійну.

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

Отже, предмет наукової дисципліни «Технологічні системи ремонтного виробництва» – це сукупність функціонально пов'язаних засобів технологічного оснащення, предметів виробництва та виконавців для впливу на несправні складові частини машин відповідних знарядь виробництва з метою реалізації (використання) їх залишкової довговічності і відновлення справності машин при найменших затратах праці та коштів. Виходячи з визначення предмету, головними завданнями технології ремонту машин як науки є вивчення: закономірностей зміни стану елементів машин у процесі експлуатації і їх впливу на залишкову довговічність, закономірностей виконання – технологічних процесів під час ремонту машин і виявлення параметрів, діючи на які, можна підвищити якість і ефективність ремонту.

Мета дисципліни “Технологічні системи ремонтного виробництва” сформувані у студентів наукове уявлення про принципи проектування прогресивних технологічних процесів з використанням ефективних методів виготовлення і відновлення деталей на основі використання ремонтно-технологічної класифікації деталей машин. Надати навичок у розробці типових та групових технологічних процесів виробництва і відновлення деталей з застосуванням

механізації та автоматизації.

Зміст дисципліни полягає в вирішуванні практичних та теоретичних питань при використанні ремонтної інформації для ефективного впливу на виробництво машин, а також забезпечення працездатності машин на стадії експлуатації, сучасними технологічними засобами. Для засвоєння матеріалу дисципліни використовують такі види навчання: лекції, лабораторні роботи, самостійна робота та іспит.

Предмет дисципліни – засоби впливу на спрацьовані складові частини машин відповідних знарядь з метою забезпечення ресурсу і довговічності машин при найменших затратах праці та коштів.

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

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

Руйнівні процеси пов'язані з робочим процесом, який виконує машина, зовнішнім середовищем, природою матеріалу тощо. До основних видів руйнівних процесів можна віднести: тертя і зношування деталей, пластичне деформування, явище втомлюваності, корозію. Діючи на деталь, руйнівні процеси змінюють її розміри, форму та фізико-механічні властивості, утворюють різні дефекти, призводять до несправності вузлів, агрегатів і машин (рис. 1).

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

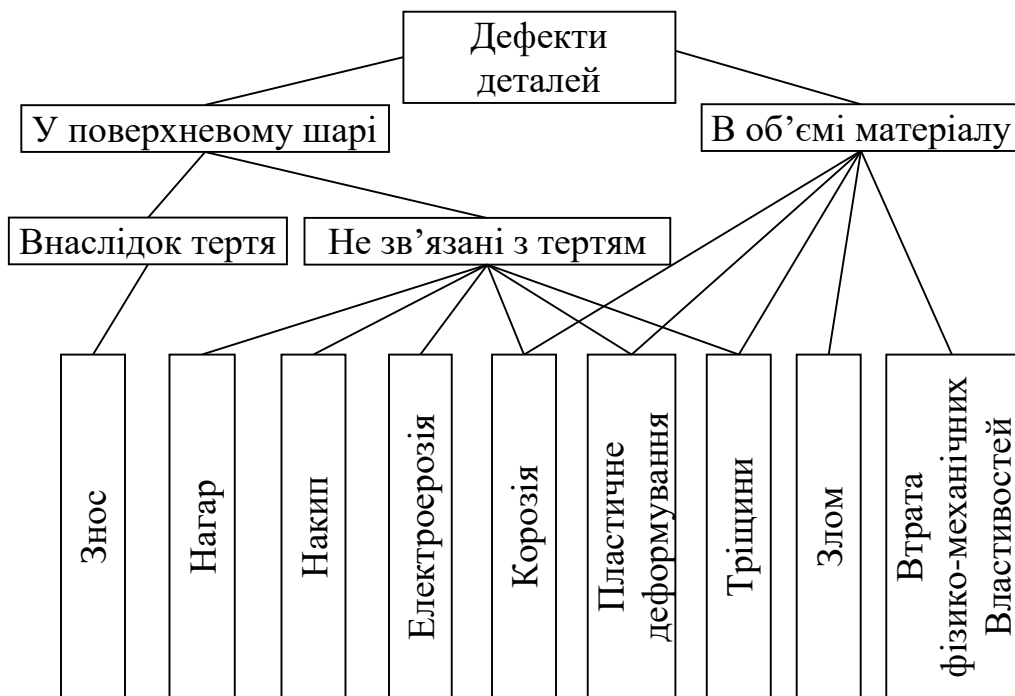


Рис. 1 – Класифікація дефектів деталей машин

### Класифікація видів зношування.

Відповідно до ДСТУ, усі види зношування можна поділити на чотири групи: механічне; механохімічне, фретинг-корозійне і електроерозійне. Ознакою класифікації є вид зношування (рис. 2).

Механічне зношування відбувається в результаті механічної дії при терті.

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

Цей вид зношування реалізується при наявності:

- незакріплених часток, які передають тиск маси (абразивні частки в ґрунті, гірських породах, насипних вантажах при їх транспортуванні), що деформується;
- вільних часток, що потрапляють у зону контакту тертьових тіл (оксидні плівки, частки зносу, пилу);
- нерухомо закріплених твердих зерен на поверхні тертя одного з тіл, що спряжуються. Це тверді структурні складові матеріалу елементів пари тертя, частки абразиву, брусків та іншого інструменту, частки нагару на стінках циліндра двигуна внутрішнього згоряння.

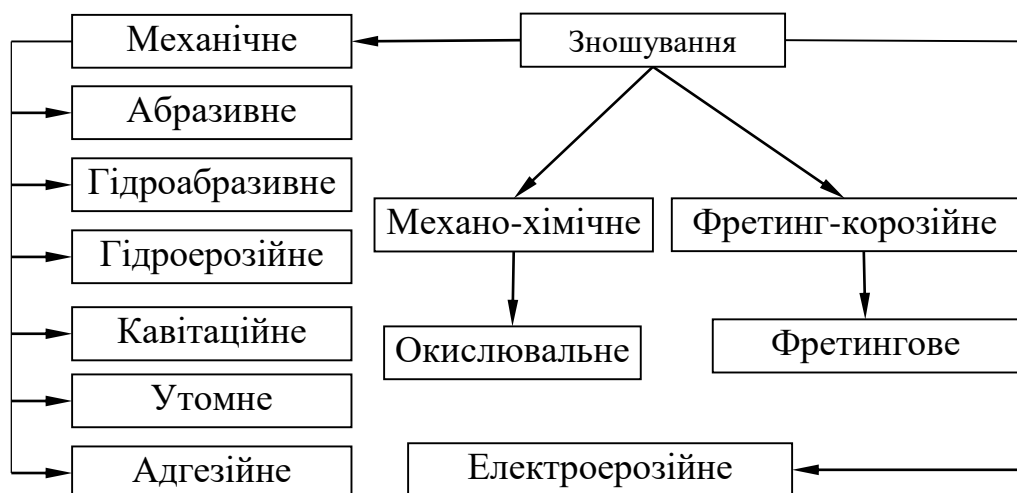


Рис. 2 – Класифікація видів зношування

В абразивному середовищі процес зношування характеризується мікрорізанням і багаторазовим пластичним деформуванням одних і тих же мікрооб'ємів металу, в результаті якого має місце втомне руйнування поверхневого шару.

Гідроабразивне і газоабразивне зношування – абразивне зношування в результаті дії твердих тіл або твердих частинок, які підхоплюються потоком рідини (наприклад, зношування лопаток насоса, що подає воду, яка містить пісок) або газу. При гідро- і газоабразивному зношуванні також діє механізм розглянутого вище абразивного зношування, але з меншою інтенсивністю внаслідок менших питомих навантажень на матеріал.

Гідроерозійне зношування – механічне зношування поверхні в результаті дії потоку рідини.

Газоерозійне зношування – механічне зношування поверхні в результаті дії потоку газу. Гідро- і газоерозійне зношування часто поєднуються з іншими видами зношування.

Кавітаційне зношування – механічне зношування під час руху твердого тіла відносно рідини, за якого бульбашки газу лопаються біля поверхні, що створює місцевий високий питомий тиск або високу температуру. При накладанні на поверхню металу великої кількості таких ударів утворюються каверни діаметром 0,2-1,5 мм, навколо яких з'являються напливи, що створюють враження видавлених кратерів.

До втомного зношування відносять випадки, коли при роботі



трібосистем відсутні аномальні ушкодження (схоплювання, задир, мікрорізання, припикання поверхонь тощо), тертя протікає в нормальних умовах, з мастильним матеріалом, але внаслідок тертя матеріал поверхневого шару "утомлюється" і починає відокремлюватися у вигляді часток зносу. Тут можна провести аналогію з поняттям "втомна міцність".

Розрізняють утомне зношування двох видів: багатоциклічне і малоциклічне. Багатоциклічне зношування виникає при пружному контактуванні. Багаторазовий вплив на мікровиступ призводить до поступового нагромадження мікрodefектів, утворення мікротріщин, при злитті яких утворюються поверхневі макротріщини, які викликають руйнування матеріалу і відділення часток зносу. При малоциклічному зношуванні спільна дія нормального і дотичного навантажень при терті призводить до того, що максимальне дотичне напруження виникає не на поверхні, а під плямою контакту на невеликій глибині, де накопичуються ушкодження і утворюються тріщини. У крихкого матеріалу тріщина виникає на поверхні. Малоциклічне зношування спостерігається при пластичному деформуванні поверхонь (без різання) більш м'якого матеріалу виступами більш твердого. У місцях такого деформування нерідко утворюються бічні навали, які при наступних проходах теж можуть відокремлюватися у вигляді продуктів зносу.

Зношування при фретингу – механічне зношування контактуючих тіл при малих коливальних відносних переміщеннях.

Адгезійне зношування – це явище утворення міцних сполук у зонах фактичного контакту тертьових тіл, глибинного виривання матеріалу одного тіла і переносу на поверхню тертя іншого, яке супроводжується зміною їхніх лінійних розмірів. Адгезійне зношування спостерігається в зубчастих і зубчасто-гвинтових передачах; тяжко навантажених підшипниках ковзання; підшипниках кочення; парах тертя плунжер – втулка, циліндр – поршневе кільце, напрямні металорізальних верстатів – супорт; у трібосистемах, які експлуатуються у вакуумі або інертному середовищі; у сполученнях, що експлуатуються при високій температурі (ролики прохідних печей, прокатних верстатів, деталі гальмових пристроїв).

Механо-хімічне зношування є результатом механічної дії при терті, яке супроводжується хімічною і (або) електрохімічною взаємодією матеріалу із середовищем.

Окислювальне зношування є окремим випадком механо-хімічного. Протікає воно в умовах, коли метал вступає в хімічну реакцію з окислювачами навколишнього середовища або мастильного матеріалу. Кисень повітря, взаємодіючи з металом, утворює на ньому окисну плівку, яка значно впливає на процес тертя. У випадку тертя в умовах мащення метал окислюється киснем, розчиненим в оливі. Окисні плівки у місцях контактування поверхонь захищають метали від безпосереднього наближення до відстані, при якій можливе схоплювання. Нездатність самих окисних плівок до схоплювання обумовлена їх неметалічною природою.

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

Окислювальне зношування відбувається, коли швидкість утворення плівок оксидів більша або дорівнює швидкості їхнього руйнування. У протилежному випадку можливе протікання інших видів зношування, наприклад, адгезійного.

Окислювальне зношування зазнають підшипники кочення, шарнірно-болтові з'єднання, металеві колеса фрикційних передач, поршневі пальці двигунів, деталі гідравлічних насосів і двигунів внутрішнього згорання.

Зношування при фретинг-корозії – це процес руйнування поверхонь тертя при малих циклічних переміщеннях спряжених тіл, який супроводжується зміною лінійних розмірів цих тіл. Цей процес виявляється як сильно виражений процес окиснювання і схоплювання матеріалів тертьових тіл, що локалізується на невеликих ділянках контакту і супроводжується їх утомним і абразивним зношуванням. Цей вид зношування спостерігається в болтових, заклепувальних, штифтових і шпонкових спряженнях, парах вал – маточина, на посадкових поверхнях деталей, у шарнірах, ресорах, регуляторах електричних контактів, кулачкових механізмах, сталевих канатах.

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

Кінетика зношування при фретинг-корозії полягає в такому. Спочатку відбувається динамічне навантаження матеріалу контактуючих нерівностей і видалення адсорбційних і оксидних плівок на плямах контакту. При багаторазовому навантаженні матеріал вершин деяких контактуючих нерівностей пластично деформується. Це призводить до збільшення концентрації дефектів і підвищенню фізико-хімічної активності матеріалу на плямах контакту.

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

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

Електроерозійне зношування виникає в результаті дії на поверхню третя розрядів при проходженні електричного струму.

У реальних умовах роботи спряжених деталей частіше за все поєднуються ті або інші види зношування. У деяких умовах третя поєднання двох різних видів зношування може призвести до нових явищ. Прикладом цьому є зношування при фретинг-корозії – поєднання абразивного зношування з окисним за певних умов контактування поверхонь.

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

Швидкість зношування суттєво знижується в умовах третя при наявності мащення. Мащення за типом поділу поверхонь третя мастильним шаром поділяється на три основні види: гідродинамічне (повний поділ поверхонь третя здійснюється в результаті тиску, що виникає в шарі рідини при відносному русі поверхонь), граничне (зношування і третя між поверхнями, що рухаються одна відносно іншої, визначаються властивостями поверхонь і мастильного матеріалу, відмінними від об'ємної в'язкості) і змішане (здійснюється частково гідродинамічне, частково – граничне мащення). Прикладом такого мащення може бути мащення корінних підшипників колінчастого валу.

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

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

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

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

Під час експлуатації, залежно від величини діючих навантажень, швидкості ковзання і температурних умов тертя, на поверхні формуються особливі структури. У початковий період експлуатації структурні зміни відбуваються на електронному рівні: збільшується щільність дислокацій, потім відбувається їх упорядкування. Поява таких структур призводить до зміни мікроструктури. Надлишкові фази виділяються на ділянках скупчення дислокацій. Це, у першу чергу, вуглець (карбіди, нітриди), окисли, які спричиняють порушення суцільності поверхневого шару і викришування окремих ділянок.

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

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

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

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

### **Загальні закономірності процесу зношування.**

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

$$U(t) = \int_0^t v(t) dt, \quad (1)$$

де  $U(t)$  – нагромаджений знос за час  $t$ ;

$v(t)$  – швидкість процесу зношування, яка у загальному випадку залежить від часу зношування.

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

Динаміка зношування. На рис. 3 наведені варіанти кривих динаміки зношування поверхні пари тертя.

Розглянемо найбільш загальний варіант рис. 3, *a* – типову криву, яка складається з трьох характерних ділянок:

*I* – характеризує початкову роботу спряження, коли найбільш

виразно відбувається процес зміни геометрії (шорсткості) поверхонь тертя і фізико-механічних властивостей поверхневих шарів матеріалу, які проявляються при постійних зовнішніх умовах у зменшенні роботи тертя, температури та інтенсивності зношування. Цей початковий період визначає процес припрацювання пари тертя;

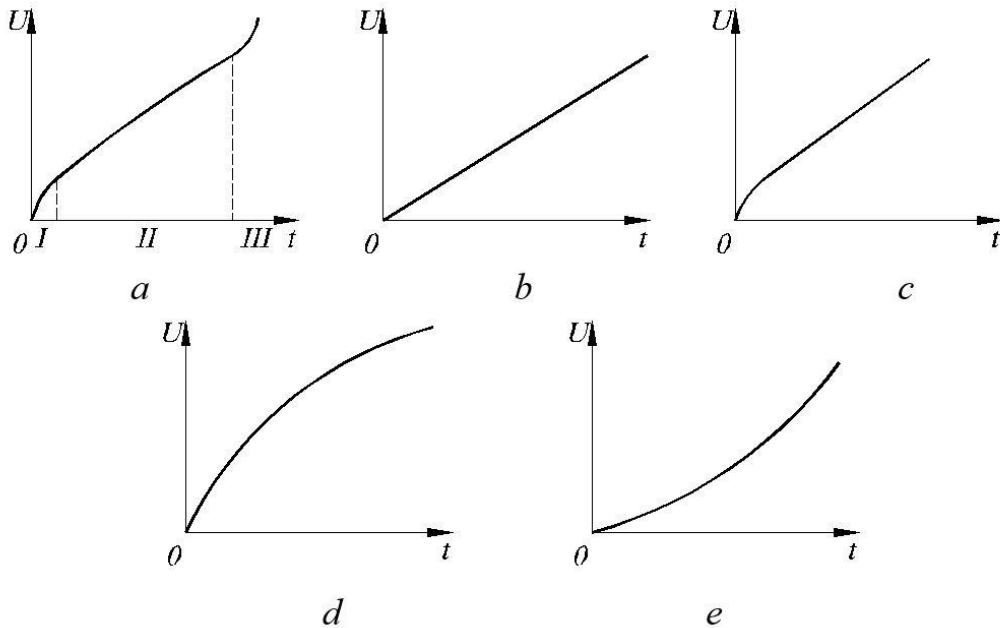


Рис. 3 – Криві динаміки зношування

*II* – характеризує нормальну роботу спряження. У цей період відбувається поступове нарощування зносу, який має у ряді випадків сталий лінійний характер (швидкість зношування в середньому постійна);

*III* – характеризує інтенсивне, форсоване нарощування зносу. Робота спряження при цьому може супроводжуватися появою різного роду шумів та стуків і навіть призвести до руйнування деталі, тобто при досягненні третього періоду подальша робота спряження недопустима.

Найбільш характерні графіки динаміки зношування наведені на рис. 3, *b, c, d, e*.

*b* – лінія, характерна для абразивного зношування деталей сільськогосподарських машин (леміш плуга, шарніри ланцюгів транспортера тощо);

*c* – крива, характерна для зношування шийки вала, спряженої

із сальником, а також для рухомих спряжень при таких умовах роботи, коли зазор постійно вибраний в один бік (наприклад, ролик штовхача паливного насоса, спряжений з віссю);

*d* – крива, характерна для спряжень, що працюють при великих питомих навантаженнях, які збільшуються із збільшенням зазору (наприклад, колінчастий вал – підшипник);

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

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

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

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

### **Методи визначення зносу.**

Мікрометражне вимірювання деталей – найпоширеніший метод, який застосовується для виявлення динаміки зношування деталей, дослідження характеру зношування робочих поверхонь (топографія зносу).

Для мікрометражного вимірювання деталей використовуються універсальні та спеціальні вимірювальні мікрометричні засоби. Величина приросту зносу визначається як різниця розмірів поверхонь деталей до і після зношування. Метод має свої недоліки: потрібно розібрати вузол, важко повторити вимірювання в одних і тих же точках, неможливо виділити із загальної величини ту частину зносу, яка відбулася внаслідок пластичної деформації. Зменшення і навіть усунення вказаних недоліків в окремих випадках

може досягатися проведенням спеціальних статистичних випробувань без проміжного розбирання, застосуванням спеціальних пристроїв для забезпечення повторюваності вимірювань у тих же місцях.

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

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

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

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

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

Під час ремонту має бути відновлена не тільки працездатність (або справність) машини, але й її міжремонтний ресурс. Тому у машині залишають для подальшої експлуатації тільки ті деталі і



спряження, залишковий ресурс яких дорівнює або перевищує міжремонтний ресурс агрегату або машини. У зв'язку з цим граничний стан деталей і спряжень під час ремонту набуває трохи іншого змісту і визначається як допустиме при ремонті (або просто допустиме) значення параметру стану.

Таким чином, допустимим значенням параметра стану називається таке його значення, при якому залишковий ресурс деталі або спряження дорівнює міжремонтному ресурсу окремого елемента (вузла, агрегату) або машини в цілому.

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

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

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

Надійність – це властивість об'єкта зберігати за часом у встановлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах і умовах виконання ТО, ремонтів, зберігання і транспортування. Об'єкт у процесі експлуатації в деякий момент часу може бути справний або несправний, працездатний або непрацездатний.

Справний стан – це стан об'єкта, при якому він відповідає всім вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації.

Працездатний стан – стан об'єкта, при якому значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації. Працездатний об'єкт може вважатися несправним. Наприклад, трактор зберігає працездатність за наявності

вм'ятин на облицюванні, несправного лічильника мотогодин тощо.

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

Пошкодження – подія, яка полягає в порушенні справного стану об'єкта, коли зберігається його працездатність.

Відмова – подія, яка полягає у втраті об'єктом здатності виконувати потрібну функцію, тобто у порушенні працездатного стану об'єкта.

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

Безвідмовність – властивість об'єкта виконувати потрібні функції в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи наробітку.

Довговічність – властивість об'єкта виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту.

Граничний стан – стан об'єкта, при якому його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливе чи недоцільне.

Довговічність кількісно оцінюється двома показниками: ресурсом і строком служби.

Ресурс – сумарний наробіток об'єкта від початку його експлуатації чи поновлення після ремонту до переходу в граничний стан. (наробіток – тривалість або обсяг роботи об'єкта).

Строк служби – календарна тривалість використання машини від початку експлуатації, або відновлення після ремонту, до переходу в граничний стан.

## Лекція № 2

### Загальний технологічний процес ремонту машин та обладнання. Основні поняття та визначення.

#### Структура технологічного процесу ремонту машин.

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

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

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

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

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

Найпоширеніші такі методи ремонту машин:

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

агрегатний – різновид знеособленого методу, під час якого несправні агрегати і вузли замінюють новими або раніше відремонтованими. Агрегатним методом ремонтують машини, конструкти-

вні особливості яких дозволяють розчленувати їх на складові частини (агрегати і вузли). При цьому кожна складова частина повинна бути автономною, конструктивно закінченою, легко відокремлюватись (без складних розбирально-складальних і регулювальних робіт) від інших частин машини. Завдяки автономності, складові частини машини можна самостійно ремонтувати на ремонтних підприємствах.

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

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

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

Виробничий процес ремонту – сукупність взаємопов'язаних дій людей, знарядь виробництва й окремих процесів, необхідних на даному підприємстві для здійснення ремонту машин, знарядь, обладнання та ін. техніки (об'єктів ремонту).

У виробничий процес входить основний (технологічний), допоміжні процеси (виробництво пристроїв та інструменту, ремонт власного обладнання) і обслуговуючі процеси (внутрішньовиробниче транспортування матеріалів і деталей, складські операції тощо), які забезпечують виконання основного (технологічного) процесу.

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

На рис. 1 наведена принципова схема технологічного процесу капітального ремонту машин. Вона ілюструє укрупнене розчленування процесу на складові частини та їх технологічні зв'язки від початку ремонту до виходу справної машини.



Рис. 1 – Принципова схема технологічного процесу капітального ремонту

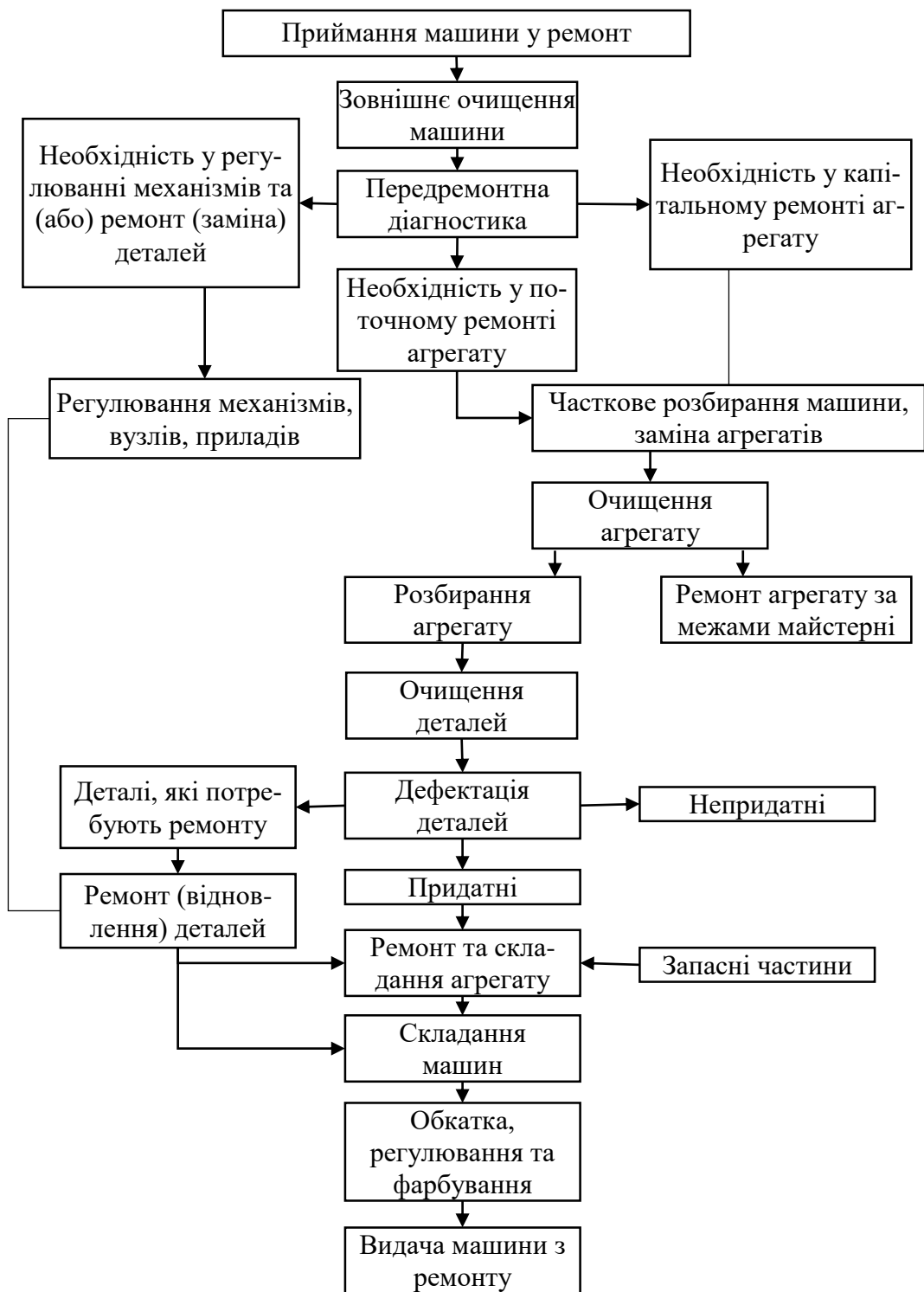


Рис. 2 – Схема технологічного процесу поточного ремонту машини

Технологічний процес ремонту машин у загальному випадку включає певний набір складових частин, тісно пов'язаних у своїй технологічній послідовності. Структура технологічного процесу характеризує і ступінь розчленування операцій. Необхідність розробки варіантів структурної побудови технологічних процесів обумовлена кількістю типів і марок об'єктів ремонту, видів ремонтних підприємств за своїм призначенням, спеціалізацією та програмою.

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

Структура технологічного процесу може змінюватись, наприклад, внаслідок розгалуження за ходом основного напрямку процесу через необхідність прийняття (за результатами діагностичного контролю) технологічних рішень за альтернативними ознаками (рис. 2).

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

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

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

### **Діагностування об'єктів ремонту.**

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

Діагностування у процесі експлуатації машин виконують відповідно до плану технічного обслуговування і ремонту. У разі випадкових відказів і несправностей у машинах передбачене діагностування за замовленням, мета якого – виявлення і усунення їх причин.

Передремонтне діагностування машин визначає можливість їх подальшої експлуатації або необхідність ремонту, його виду і змісту.

Діагностувальні операції виконують і в процесі ремонту машин, при якому виконують попередній контроль спряжень в зборі, стендові випробування агрегатів і вузлів перед розбиранням, дефектація деталей після очисних робіт тощо. Усі ці операції призначені для об'єктивної оцінки технічного стану складальних частин машини і прийняття обґрунтованих рішень, пов'язаних із технологічним процесом ремонту.

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

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

### **Приймання машин в ремонт.**

Трактори, автомобілі, комбайни та їх агрегати повинні задовольняти певні, діючі у конкретний період, технічні вимоги. До них відносяться вимоги щодо переліку й оформлення технічної документації (технічний паспорт тощо) на об'єкт ремонту, його комплектність і рівень зовнішньої очистки, дозволена обмеженість на відсутні конструктивні елементи (скло, ручки кабін тощо), кріпильні деталі тощо.



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

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

У спільній трудомісткості ремонту машини розбирально-складальні роботи складають: для тракторів – 52-56%, для автомобілів 33-41%.

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

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

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

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

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

Розбирання машини на агрегати, вузли і деталі проводиться у строгой послідовності, яка передбачається технологічним процесом із застосуванням необхідного устаткування, пристосувань і інструменту (рис. 3). До комплекту технологічних документів на розбирання включають такі документи: титульний аркуш, відомість технологічних документів, відомість устаткування, відомість оснащення, карту ескізів і маршрутну карту.

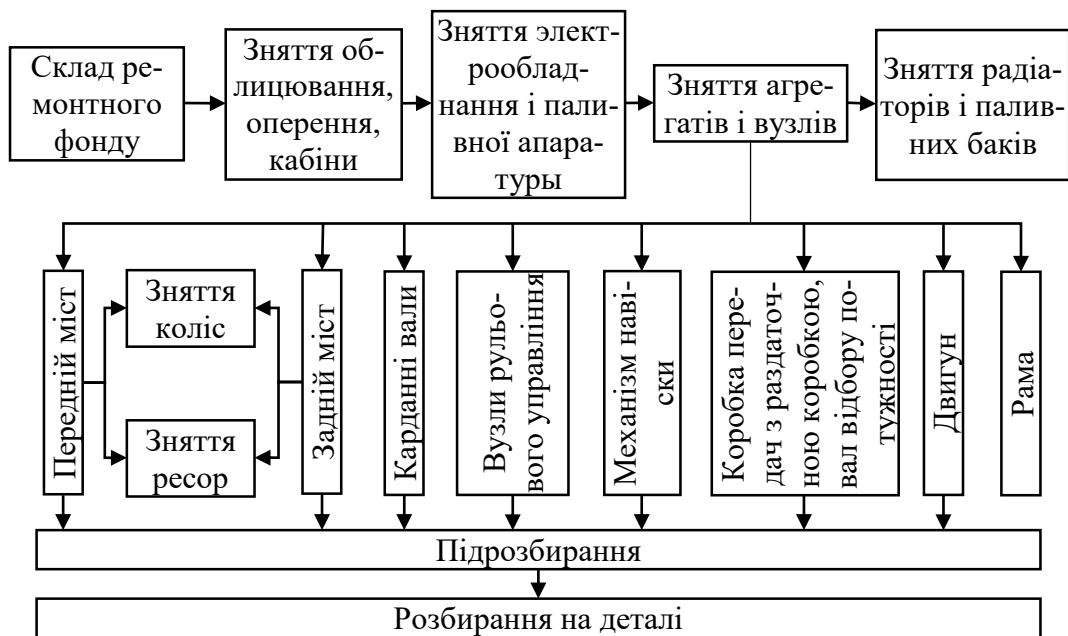


Рис. 3 – Схема розбирання колісного трактора типу Т-150К

Розбирання машин і їх агрегатів проводять за такими основними правилами:

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

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

- в процесі розбирання не рекомендується розкомплектовувати взаємопов'язані пари, які на заводі – виробнику обробляють у зборі або балансують (кришки корінних підшипників з блоками циліндрів, кришки шатунів із шатунами, картер зчеплення з блоком циліндрів, колінчастий вал з маховиком двигуна), а також конічні шестерні головної передачі, розподільні шестерні, шестерні масляних насосів і ін. Деталі, що не підлягають знеособленню, митять, зв'язують, знов сполучають болтами, укладають в окремі корзини або зберігають їх комплектність іншими способами;

- у процесі розбирання необхідно використовувати стенди, знімачі, пристосування і інструменти, які дозволяють центрувати

деталі, що знімаються, і рівномірно розподіляти зусилля по периметру. При випресовуванні підшипників, сальників, втулок застосовують наставки з м'якими наконечниками (мідними, із сплавів алюмінію). Якщо випресовують підшипник з маточини або стакана, то зусилля прикладають до зовнішнього кільця, а при знятті з валу – до внутрішнього. При цьому забороняється користуватися ударними інструментами;

➤ кріпильні деталі (гайки, болти, шпильки) при розбиранні машини укладають у сітчасту тару для кращого очищення в мийних установках або встановлюють на свої місця. Забороняється розкомплектовувати деталі з нарізами підвищеної точності (болти і гайки кріплення кришок шатунів, маховика до колінчастого валу). При розбиранні, особливо для чавунних деталей (для уникнення появи тріщин від перекосів), спочатку відпускають усі болти і гайки на півоберту, а потім від'єднують їх повністю;

➤ відкриті порожнини й отвори для масла і палива в гідроагрегатах і паливній апаратурі після зняття з трактора закривають кришками або пробками;

➤ якщо мітки перед розбиранням погано помітні, їх необхідно відновити;

➤ при виконанні розбірних робіт слід знати способи і особливості їх виконання;

➤ для підйому і транспортування деталей і агрегатів масою більше 20кг використовують підйомно-транспортні засоби і захватні пристосування.

Найбільш характерними з операцій при розбиранні є: вивертання гвинтів, шпильок, болтів і відкручування гайок, видалення зламаних болтів або шпильок, зняття підшипників кочення, втулок, шківів, пальців і штифтів.

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

Стаціонарна форма організації розбирання застосовується при одиничному виробництві, зазвичай у невеликих майстернях. У цьому випадку розбирання машини й агрегатів на складальні одиниці і деталі проводиться на одному робочому посту, зняті з машини агрегати і вузли розбираються на стаціонарних стендах.

При потоковому способі, устаткування і робочі пости розташовуються послідовно один за одним у порядку виконання операцій технологічного процесу, який проводиться на декількох постах.

Причому послідовність і об'єм операцій, а також число робітників на постах таке, що за певний проміжок часу, рівний такту потокової лінії, розбирається один виріб.

Потоковий спосіб розбирання машин на агрегати здійснюється за допомогою вантажонесучих і ланцюгонесучих конвеєрів (рис. 4). Розбирання агрегатів на вузли і деталі проводять на стендах, естакадах або конвеєрах (рис. 5).

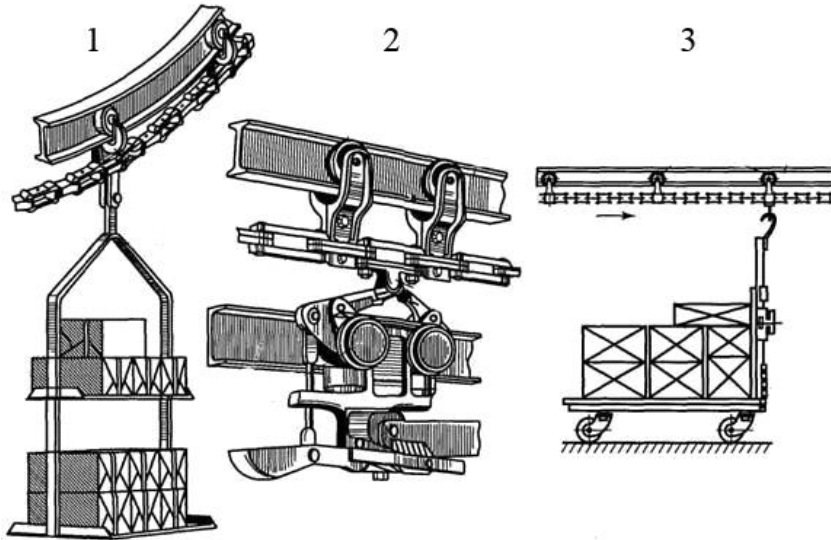


Рис.4 – Підвісні конвеєри: 1 – вантажонесучі; 2 – вантажоштовхуючі; 3 – вантажотягнучі

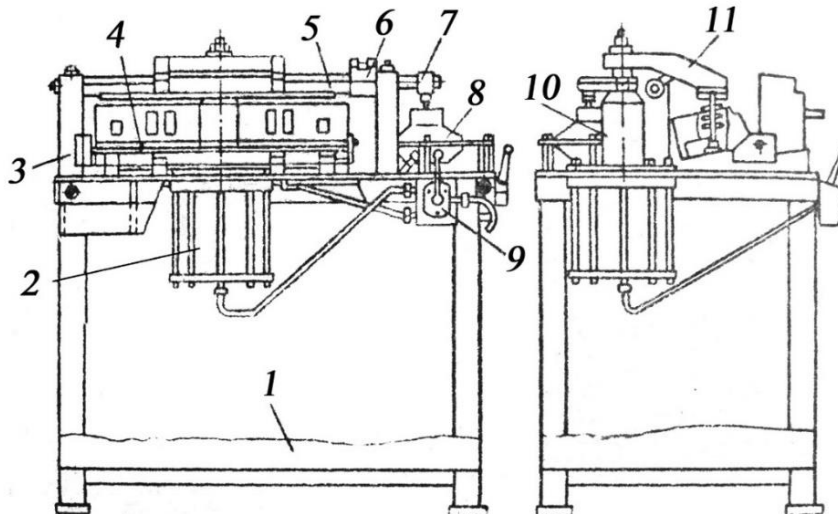


Рис. 5 – Стенд для розбирання і складання головок циліндрів: 1 – стіл; 2 – пневмоциліндр; 3 – стояк; 4 – підставка; 5 – вісь; 6 – невеликий важіль; 7 – важіль; 8 – пневмокамера; 9 – кран керування; 10 – втулка; 11 – важіль з планкою

Вживані для розбирання машин і агрегатів стенди за кількістю встановлюваних агрегатів можуть бути однопредметні і багатопредметні, а за призначенням – універсальні і спеціалізовані (рис. 6). Універсальні стенди призначені для установки однотипних агрегатів різних моделей ремонтваних машин або різних агрегатів однієї моделі машин. Багатомісні стенди за характером проведення робіт діляться на два типи: обслуговувані одним робітником і обслуговувані декількома робітниками.

Комбіновані стенди є найбільш раціональними, оскільки невід'ємними елементами їх є гайковерти, електромеханічні голівки, знімачі, преси і тому подібне.

У процесі розбиральних (складальних) робіт застосовують підйомне і підйомно-транспортне обладнання.

До підйомного обладнання відносяться ручні талі вантажопідйомністю 0,2-2,0 т і висотою піднімання до 3 м; електричні талі (0,25-5,0 т) висотою піднімання до 18м; лебідки (1-10 т); механічні і гідравлічні підйомники; вантажозахватні пристрої (схватки, ланцюги, троси).

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

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

Операції розбирання машин, що ремонтуються за своєю структурою є досить розгалуженими і багатопозиційними. Виконання їх значно спрощується за наявності технологічних схем, у яких вказується порядок демонтажу деталей, складальних одиниць, вузлів і агрегатів машини.

Розбирання складальної одиниці повинне здійснюватися в певній послідовності, залежній від її конструкції. З цією метою на початку раціонально розробляти схему розбирання (рис. 7).

Схема розбирання складальної одиниці є вихідною інформацією для опису технологічного процесу розбирання, а також може бути використана як самостійний технологічний документ на робочому місці в ремонтній майстерні.

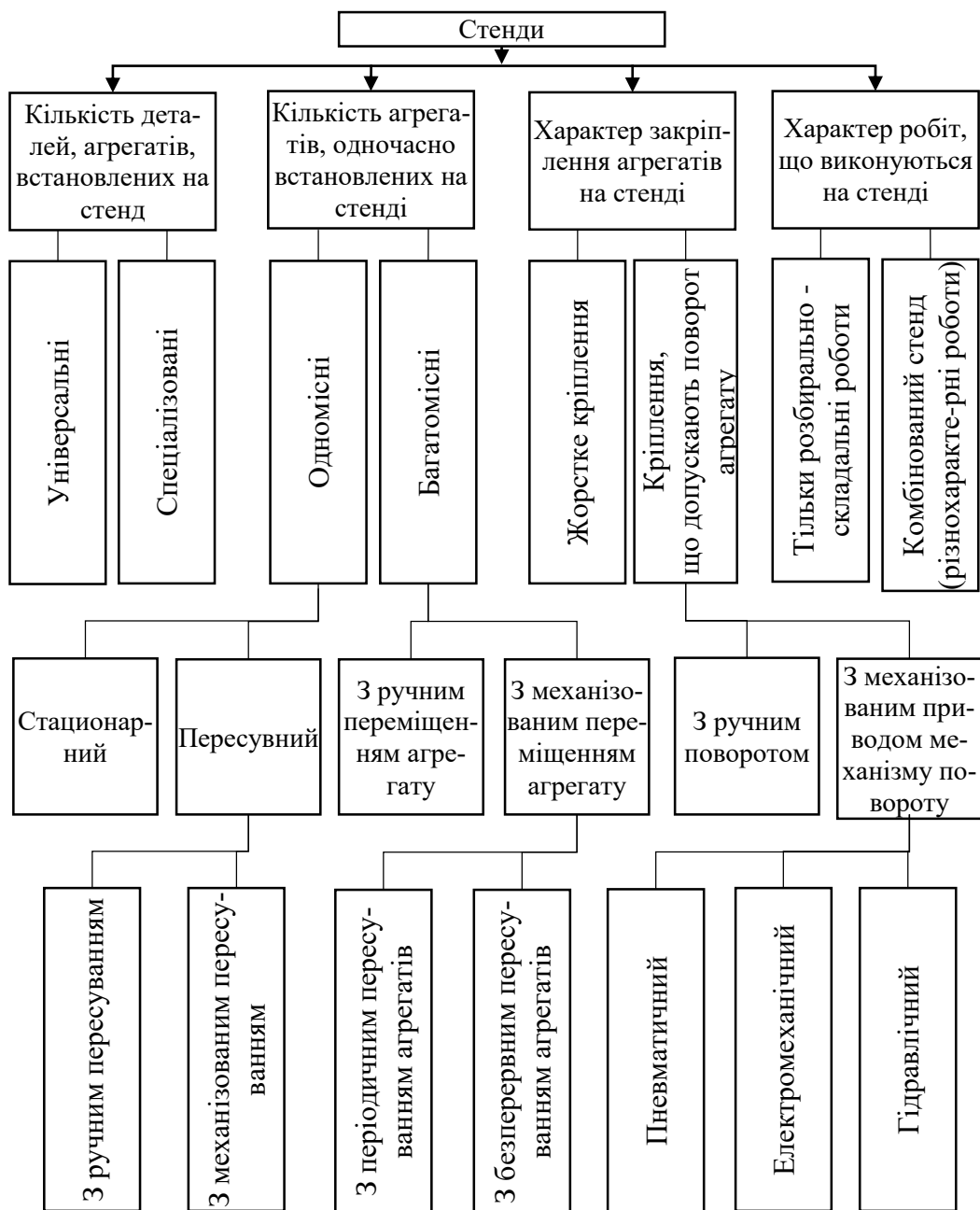


Рис. 6 – Класифікація стендів

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

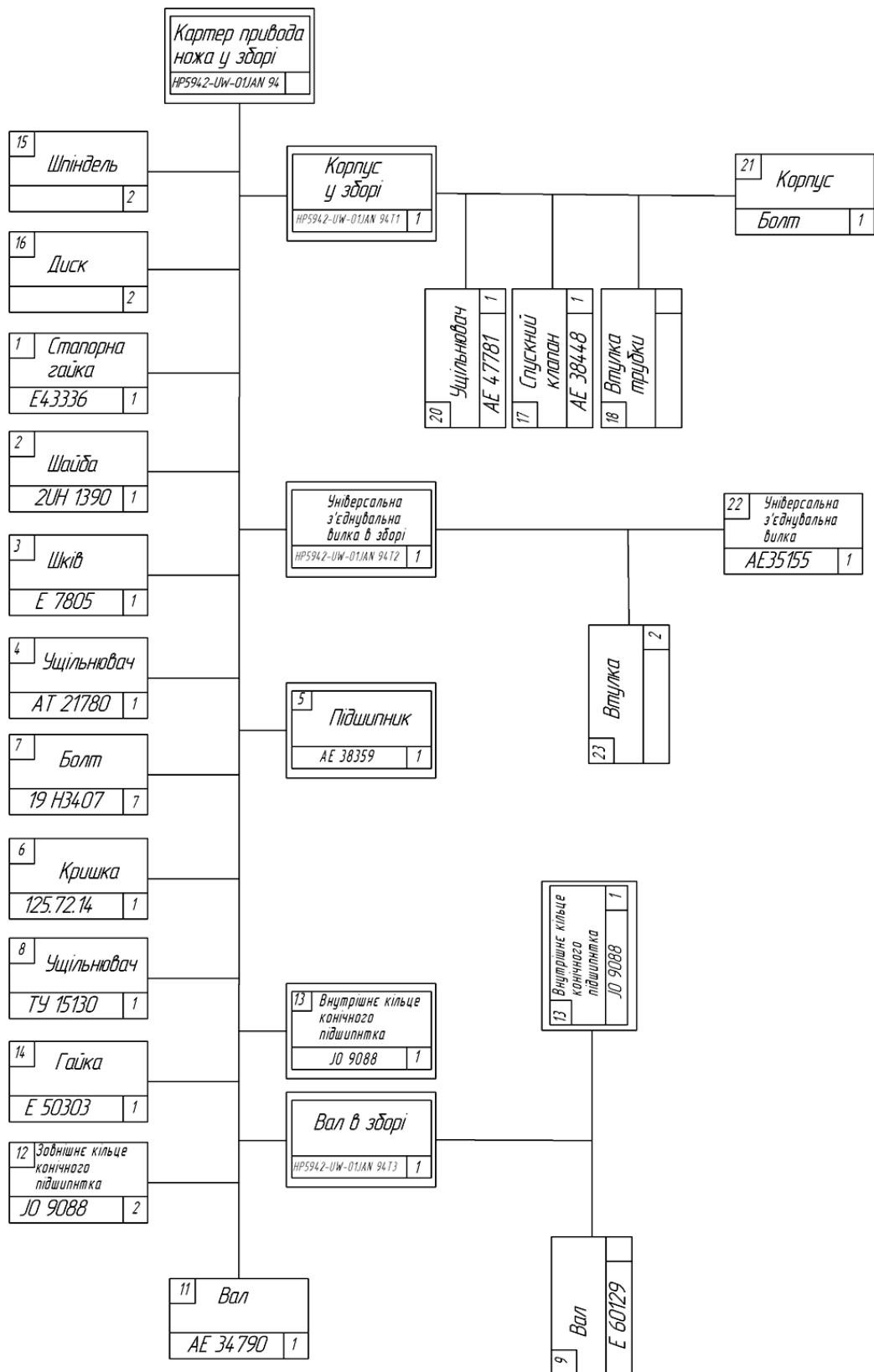


Рис. 7 – Схема розбирання

На схемі розбирання прямокутники, які зображають складальні одиниці, що знімаються, розташовуються ліворуч по ходу лінії розбирання, а окремі деталі – праворуч.

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

Кожен прямокутник на схемі розділяється на чотири поля, у яких вказуються найменування деталі або складальної одиниці, їх позначення, кількість і номер позиції за специфікацією на основному конструкторському кресленнику виробу.

Схема розбирання супроводжується ескізом складальної одиниці (рис. 8) та її специфікацією. Усі складові частини складальної одиниці нумеруються на ескізі відповідно до номерів позицій, вказаних у специфікації. Нумери позицій проставляються на схемі в лівих верхніх квадратах прямокутників.

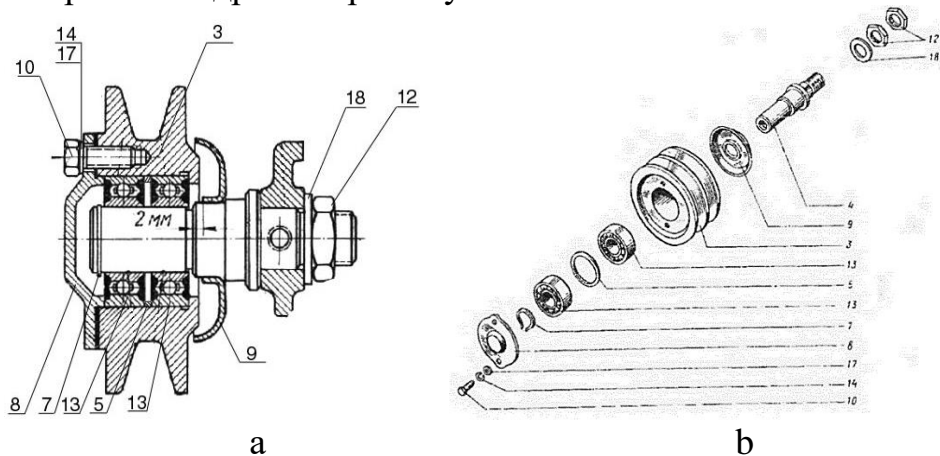


Рис. 8 – Ескіз складальної одиниці; а – ескіз у вигляді складального креслення; б – ескіз у вигляді тривимірного зображення складових частин складальної одиниці

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

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



При розбиранні з'єднань механічним способом охоплювана деталь під впливом сил випресовування, що прикладаються до неї, випресовується з тієї, що охоплює, тобто здійснюється зворотна операція запресовки – розпресовка. Зусилля випресовування на 10-25% більше зусилля запресовування. Основним устаткуванням для розбирання з'єднань із натягом є знімачі, преси, стенди і пристосування. Залежно від способу розбирання з'єднань із натягом вживане технологічне устаткування має різні головні параметри, які є функцією від натягу.

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

$$P_{вин} = \frac{\pi \cdot l \cdot \delta \cdot f_{вин}}{\left( \frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (1)$$

де  $f_{вин}$  – коефіцієнт тертя в з'єднанні з натягом при випресовуванні;

$\delta$  – розрахунковий натяг.

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

Розрахунковий натяг визначається за формулою:

$$\delta = p \cdot d \left( \frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right), \quad (2)$$

де  $p$  – контактний тиск;

$d$  – діаметр посадочної поверхні;

$C_1$  і  $C_2$  – коефіцієнти Ляме;

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

Контактний тиск визначається за зовнішніми навантаженнями:

$$p = \frac{K}{\pi \cdot d \cdot l \cdot f} \sqrt{P_{oc}^2 + \left( \frac{2M_{кр}}{d} \right)^2}, \quad (3)$$

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

$f$  – коефіцієнт тертя між деталями, що сполучаються;  
 $P_{oc}$  – найбільша осьова сила, яку повинен витримати вузол;  
 $M_{кр}$  – максимальний крутний момент;  
 $l$  – довжина з'єднання.

Для визначення зусилля випресовування кілець підшипників застосовують формулу:

$$P_{вин} = \frac{d}{d + 30} \cdot \frac{fE\pi BN_p}{2K_n}, \quad (4)$$

де  $P_{вин}$  – зусилля випресовування кілець підшипників, Н;  
 $d$  – номінальний діаметр отвору підшипника, мм;  
 $f$  – коефіцієнт тертя в спряженні (0,10-0,25);  
 $E$  – модуль пружності матеріалу підшипника ( $2,2 \cdot 10^5$  МПа);  
 $B$  – ширина опорного кільця підшипника, мм;  
 $N_p$  – розрахунковий натяг, мм;

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

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

- для сталевих маточини і валу

$$P_3 = 20N_6l; \quad (5)$$

- для чавунної маточини і сталевого валу

$$P_3 = 20N_6l, \quad (6)$$

де  $P_3$  – зусилля запресовування, Н;

$N_6$  – найбільший натяг, мкм;

$l$  – довжина маточини, мм.

Зусилля випресовування приймають 1,20-1,30  $P_3$ .

Розбирання з'єднань з натягом гідравлічним способом (гідророзпором) здійснюється шляхом нагнітання масла під високим тиском у зону сполучення. Тиск масла повинен перевершувати величину середнього контактного тиску на поверхнях, що сполучаються. Подача оливи в з'єднання здійснюється за заздалегідь підготовленою при виготовленні деталей системі отворів і виточок або з

боку вільного торця. Для цього використовуються спеціальні установки, що забезпечують диференційовану автоматичну подачу оливи під високим тиском (рис. 9).

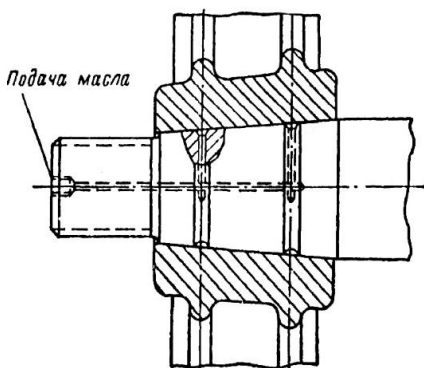


Рис. 9 – Торцева схема створення масляного шару

з'єднаних деталей. З'єднання, зібрані в такий спосіб, часто називають поперечно – пресовими.

Термічний спосіб може виконуватися декількома методами: факельним нагрівом; індукційно-тепловим нагрівом; використанням термопластичної деформації, глибоким охолодженням.

Факельний нагрів застосовується при розбиранні з'єднань із тонкостінними охоплюючими деталями.

Індукційно-тепловий метод є найбільш універсальним і продуктивним. Індукційний нагрів деталей, виготовлених з феромагнітного матеріалу, здійснюється шляхом індукції в них вихрових струмів.

Метод термопластичної деформації використовується при розбиранні з'єднань із натягом, які мають охоплюючі тонкостінні деталі з близькими значеннями коефіцієнтів лінійного розширення матеріалів деталей. Його суть полягає в тому, що з'єднання (складальну одиницю) нагрівають факелом або в печах до певної температури, а потім швидко охолоджують. Оскільки деталь, що охоплює, остигає швидше охоплюваної, у з'єднанні утворюється додатковий температурний натяг і відбувається пластична деформація поверхонь сполучення. У результаті складальна одиниця втрачає міцність, і після вирівнювання температур відбувається мимовільне її розформування. Даний метод найбільш ефективний в одиничному

Виточки розташовуються на відстані 0,3-0,5 довжини сполучення від торця, для вузлів із втулками постійної жорсткості.

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

Термічний спосіб розбирання з'єднань із натягом здійснюється за наявності термічного зазору  $\Delta_T$ , що утворюється при нагріві або охолодженні

і дрібносерійному виробництві при тонкостінності деталі, що охоплює  $d/d_2 < 0,5$  ( $d$  – діаметр посадочної поверхні;  $d_2$  – зовнішній діаметр деталі, що охоплює).

При розбиранні з'єднань із натягом методом глибокого охолодження рідким азотом заповнюють внутрішню порожнину охопленої деталі. Це дозволяє створити монтажний термічний зазор між деталями.

При використанні термічних методів розбирання з'єднань з натягом головним параметром технологічного устаткування є температура нагріву або охолодження з'єднаних деталей.

Термічний зазор  $\Delta_T$  і розрахунковий натяг  $\delta$  впливають на необхідну величину температури  $T_D$  деталі, що піддається термо впливу.

$$T_D = \frac{\delta + \Delta_T}{\alpha \cdot d} \pm T_0, \quad (7)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт лінійного розширення або стиснення матеріалу деталі;

$T_0$  – температура довкілля.

Знак (+) приймається при нагріві деталі, знак (-) при охолодженні.

Максимальний нагрів з'єднаних деталей складає 200-400°C.

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

$$T_H = T_X + 1,16 \frac{\sigma_{II}}{\alpha \cdot E \cdot q}, \quad (8)$$

де  $T_X$  – температура хладоносія;

$\sigma_{II}$  і  $\alpha$  – відповідно межа плинності і коефіцієнт лінійного розширення матеріалу деталей;

$E$  - модуль Юнга.

На розбирання різьбових з'єднань сучасних машин витрачається велика кількість ручної праці, причому нарізні з'єднання є найпоширенішими з'єднаннями в конструкціях машин і складають 15-20 % загальної кількості з'єднань.

З практики ремонту відомо, що при відкручуванні різьбових

з'єднань, що були в експлуатації, потрібно прикладати більший крутний момент. Тому головним вихідним параметром при розробці механізованого інструменту є значення крутного моменту, необхідного для відкручування різьбового з'єднання впродовж усього процесу.

При вираженні процесу відкручування залежністю крутного моменту від кута повороту гайки і здійсненні аналізу діаграми процесу (рис. 10) встановлено три етапи, характерних своєю закінченістю і визначеністю: зрушення (I етап), ослаблення (II етап) і вільне відгвинчування (III етап).

При цьому слід зазначити, що на момент зрушення впливають: попередній момент затягування (з урахуванням ослаблення в процесі роботи), площа контактуючих поверхонь, умови експлуатації, питомий тиск на контактуючих поверхнях і сили зчеплення скріплюючого матеріалу, що утворився в процесі експлуатації (корозія, схоплювання, дифузія, неметалеve включення).

Дослідженнями встановлено, що в процесі експлуатації різьбового з'єднання проходить зростання силової взаємодії, у той же час захисні покриття деталей різьбового з'єднання, наприклад – кадміювання, уповільнюють темпи зростання силової взаємодії в 2 рази.

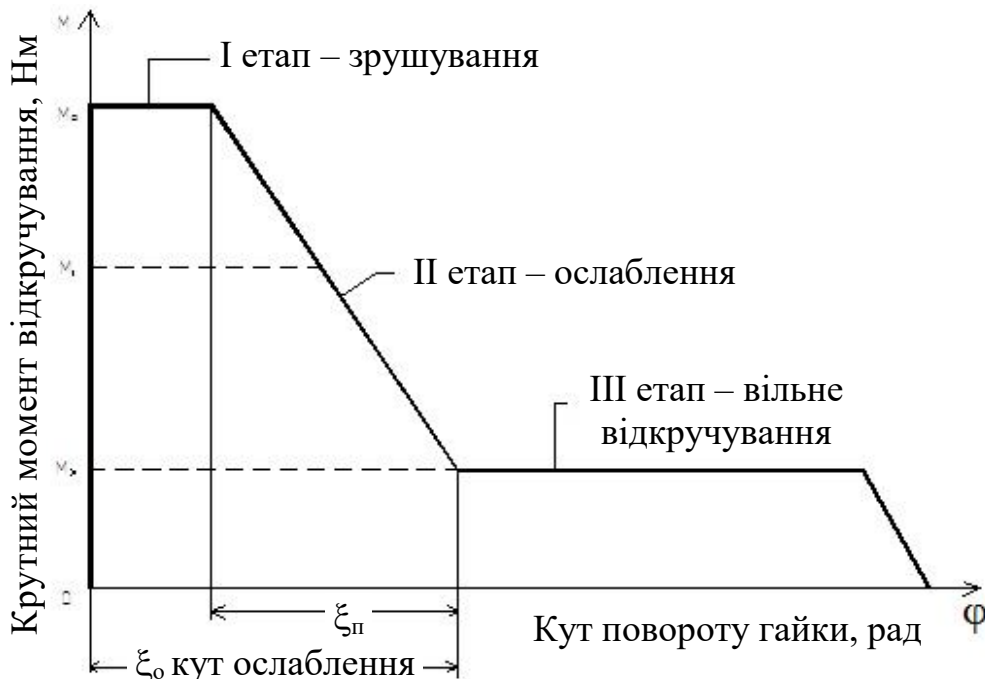


Рис. 10 – Діаграма процесу відкручування гайки різьбового з'єднання

Вивчення мікрошліфів різьбових з'єднань на різних стадіях експлуатації дозволило встановити, що під дією зусиль у кінці затягування відбувається зм'яття і зрушення граничних шарів металу контактуючих поверхонь деталей в різьбі і на торці гайки, а під дією доквілля між контактуючими поверхнями поступово утворюється шар матеріалу, який складається з продуктів зносу, забруднень і корозії, що заповнює зазори різьбового з'єднання (рис. 11).

Крутний момент при зрушенні можна представити виразом

$$M_{зр} = M_з K_1 + M_{оп} + M_{ом}, \quad (9)$$

де  $M_з$  – крутний момент попереднього затягування;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує ослаблення попереднього затягування;

$M_{он}$  і  $M_{ом}$  – додаткові крутні моменти, що витрачаються на руйнування шару матеріалу, який скріплює деталі різьбового з'єднання, в різьбі і на торці гайки.

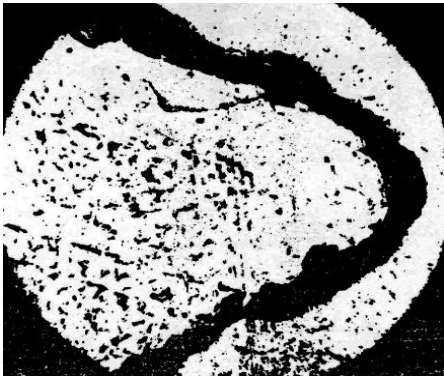


Рис. 11 – Зкріплюючий матеріал, що утворився у витках різьби в процесі експлуатації (кріплення стрем'янки ресор, х 70)

Розглядаючи відкручування як руйнування скріплюючого шару матеріалу між контактуючими поверхнями деталей різьбового з'єднання і деталями, що з'єднані, можна визначити зусилля, необхідне для його руйнування на елементарній площі, як добуток її площі на зрушуюче зусилля, а крутний момент – як добуток зусилля на відстань від площадки до осі різьбового з'єднання. Інтегруючи ці моменти по контактую-

чих поверхнях різьбового з'єднання отримали рівняння, що визначає крутний момент зрушення. З урахуванням конкретних різьбових з'єднань крутний момент зрушення можна визначити за формулою:

$$M_{зр} = \frac{\tau_3}{16} \left[ \pi(D_0^2 - d_0^2) \cdot (D_0 + d_0) + 5Hd_{cp} \sqrt{p^2 + (\pi \cdot d_{cp})^2} \right], \quad (10)$$

де  $\tau_3$  – коефіцієнт силової взаємодії зрушення при відкручуванні деталей різьбового з'єднання;

$D_0$  – зовнішній діаметр торця гайки, мм;

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

$H$  – висота гайки, мм;

$d_{cp}$  – середній діаметр різьби, мм;

$p$  – крок різьби, мм.

Крутні моменти відкручування гайок відповідальних різьбових з'єднань машин, що потрапили в ремонт, у діапазоні від М8 до М16, мають більші моменти затягування і вільного закручування, ніж при збиранні нових різьбових з'єднань у 1,5-2,5 рази, при вільному відкручуванні – в 15-20 разів.

### Лекція № 3

## Очищення об'єктів ремонту.

### Класифікація видів забруднення.

Виконання мийно-очисних операцій пов'язане з певними труднощами, викликаними, по-перше, різноманітністю видів забруднень (рис. 1), які вимагають застосування різних способів очищення, мийних засобів, обладнання і, по-друге, тим, що, об'єкти очищення (машина, агрегат, вузол, деталь) різні за масою, матеріалом, конструкцією, формою тощо.



Рис. 1 – Класифікація видів забруднення

Дорожньо-грунтові відкладення та рослинні залишки накопичуються в основному в ходовій частині машин. Ступінь забруднення залежить від умов експлуатації машин (сезон робіт, дорожні



умови тощо). Міцність утримання часток на поверхні (адгезія) залежить від шорсткості поверхні, розміру часток, вологості повітря і ряду інших факторів. Адгезія дрібних пилоподібних часток до поверхні досить значна. Так, після висихання поверхні машини, вимитої водяним струменем високого тиску, на ній залишається осадок із дрібних порошин. Видалити їх можна лише шляхом механічного протирання поверхні щіткою або протирочною тканиною.

Мастильно-грязьові відкладення. Виникають при попаданні дорожнього бруду і пилу на поверхні деталей, забруднені мастильними матеріалами. Можливо зворотне явище – попадання мастильних матеріалів на поверхні, забруднені дорожнім брудом. При цьому бруд просочується мастильними матеріалами.

Старі лакофарбові покриття. При ремонті машин доводиться видаляти старі лакофарбові покриття. Для цього використовують концентровані лужні розчини та спеціальні змивки.

Технологічні забруднення. Деталі, що надходять на складання, можуть бути забруднені залишками ливарної землі, окалинами, притирочними пастами, пилом із повітря, стружкою та твердими частками в масляних каналах, зернами абразиву, шаржованими в поверхні, тощо. При незадовільному очищенні деталей від цих забруднень у процесі приробітку поверхонь тертя відбувається інтенсивне зношування.

Залишки ядохімікатів. Представляють собою мінерало-органічний комплекс, що складається з різних забруднень (мастильні матеріали, дорожній бруд, іржа, стара фарба та ін.) у суміші з ядохімікатами. Кількість ядохімікатів при нормальній експлуатації машин становить до 26мг/см<sup>2</sup> поверхні.

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

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

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

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

Асфальтени – продукти ущільнення нейтральних смол, представляють собою темно-коричневі або чорні речовини, тверді, крихкі, неплавкі і розкладаються при температурі більше 300<sup>0</sup>С з утворенням коксу та газів. Асфальтени нерозчинні в петролейному ефірі, однак легко розчиняються в бензині, хлороформі та сірковуглеці, не піддаються омиленню, не є емульгаторами.

Карбени та карбоїди – це нерозчинні в бензолі продукти ущільнення і полімеризації вуглеводнів, що виникають при термічному розкладанні масел і палив. Карбени розчинні в сірковуглеці, нерідинні карбоїди нерозчинні ні в яких розчинниках.

Процес утворення нагару в основному зводиться до наступного. У зоні високих температур паливо і мастила згоряють, утворюючи тверді не ліпкі вуглисті частки. У зоні низьких температур олива піддається менш глибоким змінам – окислюванню та ущільненню з утворенням липких високомолекулярних з'єднань.

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

Утворення відкладень відбувається у двох зонах: високотемпературній – на деталях циліндро-поршневої групи і низькотемпературній – картері.

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

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

**Накип.** У системах водяного охолодження двигунів, під час експлуатації утворюється накип. Відкладаючись на стінках водяної сорочки двигуна і радіатора, накип ускладнює теплообмінні процеси та порушує нормальну роботу двигуна. Утворення накипу обумовлене змістом у воді, в розчиненому стані, солей кальцію і магнію, тобто жорсткістю води. Відомо, що в системах охолодження одночасно з утворенням накипу протікають корозійні процеси. Для запобігання утворення накипу та зменшення корозії в системі охолодження двигунів, у випадку заливання в них непідготовленої води, необхідно застосовувати спеціальні присадки.

### **Характеристика миючих засобів. Фізико-механічні основи миючих засобів.**

**Основи миючої дії.** Миюча дія полягає у видаленні рідких і твердих забруднень з поверхні і переміщення їх у миючий розчин у вигляді розчинів або дисперсій. Миюча дія проявляється в складних процесах взаємодії забруднень, миючих речовин і поверхонь. Основні елементи миючої дії – змочування, емульгування, диспергування, піноутворення і стабілізація, тісно пов'язані з поверхневим натягом і поверхневою активністю миючих речовин.

Відомо, що уздовж поверхні рідини діють сили натягу, що прагнуть скоротити цю поверхню. Вони одержали назву сил поверхневого натягу. Поверхневий натяг вимірюють роботою, яку необхідно затратити для збільшення поверхні рідини на  $1\text{ см}^2$ , цю роботу виражають в ерг/см<sup>2</sup>.

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

Звичайно поверхнево-активні речовини – це полярні органічні сполуки. Висока поверхнева активність і здатність до мицеллоутворення забезпечують колоїдним ПАР комплекс властивостей, що визначають їхню миючу дію: змочувальну, емульгуючу, диспергуючу і стабілізуючу здатності.

Змочування полягає в розтіканні краплі рідини, поміщеної на поверхню твердого тіла. Поверхні, що змочуються водою, називаються гідрофільними, а змочувані не водою – гідрофобними.

Змочування твердого тіла рідиною залежить від поверхневого

натягу рідини, від природи і складу рідини та твердого тіла.

У більшості випадків забруднення складаються із двох фаз – рідкої (мастила, смоли) і твердої (асфальтени, карбени, карбоїди). Видалення таких забруднень з поверхні відбувається двома шляхами – емульгуванням рідкої фази (утворення емульсій) і диспергуванням твердої фази (утворення дисперсій).

Емульсією називається система рідин, що не змішуються, одна з яких розподілена у вигляді дрібних крапель в іншій. Емульгування рідинної фази забруднень можливо у водяних розчинах ПАР. Молекули ПАР створюють на поверхні крапель мастила міцні адсорбційні шари. Гідрофобна частина молекули пов'язана з мастилом, а гідрофільна – орієнтується убік водяного розчину (рис. 2). Диспергування твердої фази забруднень відбувається завдяки адсорбції поверхнево-активних речовин на частках забруднень.

Малий поверхневий натяг розчину дозволяє йому проникати в дрібні тріщини часток забруднення і адсорбувати ПАР на поверхні цих часток. Адсорбовані молекули ПАР створюють розклинюючий тиск на частки, руйнуючи й подрібнюючи їх. У процесах емульгування і диспергування велике значення має механічний вплив розчину, що сприяє руйнуванню забруднень.

Важливий етап у миючому процесі – стабілізація в розчині відмитих забруднень і попередження їхнього повторного осадження на очищену поверхню. Стабілізація забруднень залежить в основному від складу миючого розчину і технологічних умов його застосування (концентрація, температура, забруднення).

Миючий процес можна представити рядом послідовних етапів. Оскільки, майже всі забруднення гідрофобні, то вода, маючи більший поверхневий натяг, не змочує забруднені поверхні і стягується в окремі краплі (рис. 2, а). При розчиненні у воді мийного засобу поверхневий натяг розчину різко зменшується і розчин змочує забруднення, проникає в його тріщини і пори (рис. 2, б). При цьому знижується поєднання часток забруднення між собою та з поверхнею. При механічному впливі захоплені молекулами мийного засобу грязьові частки переходять у розчин (рис. 2, с). Молекули мийного засобу обволікають забруднення і відмиту поверхню, що перешкоджає зміцненню часток і осіданню їх на поверхні (рис 2, d). В результаті частки забруднення у зваженому стані стабілізуються в розчині і видаляються разом з ним.

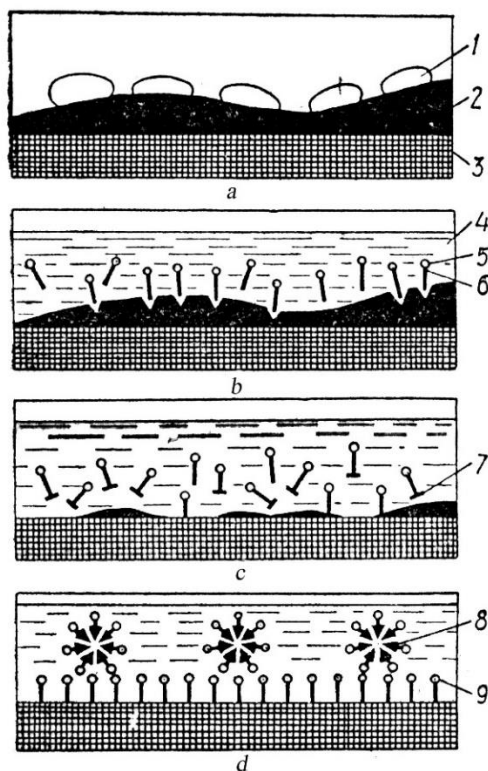


Рис.2 – Схема миючого процесу:

- 1 – краплі води;
- 2 – забруднення;
- 3 – поверхня, що очищається;
- 4 – миючий склад;
- 5 – гідрофільна частина молекули ПАВ;
- 6 – гідрофобна частина молекули ПАВ (радикала);
- 7 – перехід часток забруднення в розчин;
- 8 – частки забруднення, стабілізовані в розчині;
- 9 – адсорбція молекул ПАВ на очищеній поверхні

Лужність миючих розчинів – важливий фактор, що визначає ефективність очищення. Миюча дія розчинів залежить тільки від рівня активної лужності.

Характеристикою лужності, так само як і кислотності, служить водневий показник рН. При очищенні поверхонь різних металів, щоб уникнути їхньої корозії, необхідно підтримувати певний рівень рН розчину. Для цинку і алюмінію рН розчину повинен становити 9-10, олова – не вище 11, латуні – не вище 12,0-12,5, сталі – до 14. Практично обробку легких і кольорових металів роблять при значно більших значеннях рН, наприклад – 11,5-12,8. і.

Ступінь забруднення поверхні також впливає на вибір рН розчину. Очищення деталей з міцними забрудненнями, наприклад – асфальтосмолистими відкладеннями, необхідно вести при рН 11,8-13,6, для неміцних забруднень, наприклад – масляних, очищення можна вести при рН 10-11,5.

Інгібітори корозії. При експлуатації, ремонті і зберіганні деталі машин внаслідок хімічного або електрохімічного впливу зовнішнього середовища піддаються корозії.

Миючі розчини, що містять луги, кислоти або їхні солі, також

можуть мати кородуючі дії на метали. Для запобігання корозії деталей у миючий склад вводять спеціальні добавки, які називаються інгібіторами корозії. Захисна дія багатьох інгібіторів корозії пов'язана з утворенням на поверхні металу захисної плівки у вигляді продукту реакції між металом, інгібітором і корозійно-активним середовищем.

Синтетичні миючі засоби. Основу СМЗ становлять поверхнево-активні речовини (ПАР), активність яких підвищена введенням лужних електролітів. Основні відчизнення СМЗ для струминних і занурювальних способів очищення представлені в таблиці 1.

Також до складу СМЗ входять: їдкий натр, кальцинована сода, силікати натрію, тринатрійфосфат, хромпик та інші.

Розчинники і розчинно-емульгуючі засоби(РЕЗ). Широке поширення одержали способи видалення забруднень із поверхні деталі за допомогою розчинників. При зіткненні розчинника із забрудненням відбувається розподіл молекул забруднення в розчиннику. Під час очищення забруднення накопичуються в розчиннику. Якщо не приймати запобіжних заходів і не виконувати спеціальні операції (обполіскування чистим розчинником, знежирення в парах розчинників), то після очищення в розчинниках на поверхні деталей залишається деяка кількість забруднень.

Найбільше поширення при очищенні одержали розчинники: ацетон, технічний бензин, бензол, бутилацетат, бутиловий спирт, гас, ксилол, толуол, уайт-спирит, етилацетат, технічний етиловий спирт, хлорорганічні розчинники, трихлоретилен, чотирихлористий вуглець та ін.

Останнім часом широке застосування при очищенні знаходять розчинно-емульгуючі засоби (РЕЗ).

При зануренні деталі в РЕЗ, що застосовується в чистому виді або в суміші з іншими розчинниками, очищення відбувається за рахунок розчинення. Потім деталь занурюють у воду або водяний розчин лужних СМЗ, і відбувається емульгування розчинника та забруднень, що залишилися, і перехід їх у розчин, що забезпечує необхідну якість очищення. РЕЗ звичайно застосовують при очищенні деталей від міцних, наприклад – асфальтосмолистих відкладень, а також у тих випадках, коли очищення відбувається при помірних температурах (від +20 до +50<sup>0</sup>С).

**Таблиця 1 – Синтетичні миючі засоби**

Найменування та призначення	Спосіб очищення	Температура розчину, 0С	Час обробки, хв	Упаковка, концентрація
"АМ-15", застосовують для очищення деталей двигуна від асфальто-смолистих відкладень, а також для відновлення пропускнуої спроможності фільтрів грубого очищення.	занурюванням	20-40, після чого промивається водними розчинами "Лабомід 203	Індивідуально для кожної обробки	Поліетиленові бочки місткістю не менше 50 кг, 100% концентрат
"ТЕРМОС-КОНЦЕНТРАТ", застосовують для чищення деталей, машин і агрегатів з регенерацією відпрацьованих водних миючих розчинів.	струменевим способом	50-60	Індивідуально для кожної обробки	Поліетиленові бочки місткістю не менше 50 кг, 100% концентрат
"Карбозоль", застосовують для очищення двигунів та їх деталей від нагароподібних і маслянистих забруднень.	занурюванням	40-50	Індивідуально для кожної обробки	Поліетиленові бочки місткістю не менше 50 кг, 100% концентрат
"КМ-1", очистка металевих поверхонь, очищення шасі автотракторної техніки.	розпорошенням	40-60	1-3	Паперові або поліетиленові мішки масою до 40 кг, 2-10 г/л
"Лабомід 101", очищення фільтроелементів техніки від експлуатаційних забруднень, окремих деталей з чорних і кольорових сплавів від олійних і асфальто-смолистих відкладень.	струменевим способом	70-85	2-5	Паперові або поліетиленові мішки масою до 40 кг, 20-30 г/л
"Лабомід 203", очищення фільтроелементів техніки від експлуатаційних забруднень, окремих деталей з чорних і кольорових сплавів від олійних і асфальто-смолистих відкладень.	занурюванням	80-90	2-5	Паперові або поліетиленові мішки масою до 40 кг, 25-35 г/л
"МЛ-51", очищення машин, деталей промислового обладнання від паливно-мастильних матеріалів, маслянистих відкладень консерваційних покриттів.	струменевим способом	75-85	5-15	Паперові або поліетиленові мішки масою до 25 кг, 20-30 г/л
"МЛ-52", застосовують для очищення машин, агрегатів, деталей, промислового устаткування від залишків паливно-мастильних матеріалів, оливо-грязьових відкладень, консерваційних покриттів.	занурюванням	80-100	Індивідуально для кожної обробки	Паперові або поліетиленові мішки масою до 40 кг 20-25 г/л

продовження табл.1

Найменування та призначення	Спосіб очищення	Температура розчину, °С	Час обробки, хв	Упаковка, концентрація
"МС-6", застосовують для очищення шасі тракторів, автомобілів, комбайнів, їх агрегатів, деталей і вузлів.	струменевим способом	70-80	Індивідуально для кожної обробки	Паперові або поліетиленові мішки масою до 40 кг, 10-20 г/л
МС-8", очищення знімних деталей і вузлів планера літальних апаратів, двигунів, їх складальних одиниць і деталей від оливи та смолистих забруднень.	занурюванням і розпорошенням	75-85	5-15	Паперові або поліетиленові мішки масою до 40 кг, 10-20г/л
"МС-15", застосовують для очищення машин, агрегатів і деталей від смолоподібних відкладень при ремонті сільськогосподарської техніки.	занурюванням і розпорошенням	75-85	2-5	Паперові або поліетиленові мішки масою до 40 кг, 20-30г/л
"РИТМ", застосовують для усунення вуглецевих відкладень, залишків окремих лакофарбових покриттів.	занурюванням	20-40	Індивідуально для кожної обробки	Поліетиленові бочки місткістю не менше 50 кг, 100% концентрат
"ТЕМП-100", застосовують для очищення металевих деталей.	струменевим способом	70-80	Індивідуально для кожної обробки	Паперові або поліетиленові мішки масою до 40 кг, 20 г/л
"Емульсин", застосовують для очищення деталей шасі і двигунів.	занурюванням, після якого обполіскують розчинами технічних миючих засобів типу МЛ і МС	40-60	Індивідуально для кожної обробки	Поліетиленові бочки місткістю не менше 50 кг, 100% концентрат
"Карбозоль", застосовують для очищення двигунів та їх деталей від нагароподібних і маслянистих забруднень.	занурюванням	40-50	Індивідуально для кожної обробки	Поліетиленові бочки місткістю не менше 50 кг, 100% концентрат



РЕЗ складаються з базового розчинника, додаткових розчинників, поверхнево-активних речовин і невеликої кількості води. Вода необхідна для розчинення поверхнево-активних речовин. Додаткові розчинники забезпечують однорідність і стабільність розчину, утвореного компонентами, розчинними у воді і розчинниках.

РЕЗ готують у вигляді концентрату для розведення в дешевому розчиннику (гас, дизельне паливо), співвідношення якого становить від 1 до 5 частин.

### **Мийно-очисне технологічне обладнання.**

Мийно-очисне технологічне обладнання класифікується за такими ознаками:

- за виконуваними функціями у технологічному процесі (зовнішнє миття, очистка агрегатів тощо);
- за типом мийних машин (моніторні, струминні, із зануренням, комбіновані, спеціальні);
- за призначенням, у залежності від типу ремонтного підприємства та об'єктів ремонту.

Очищення металевих поверхонь шляхом видалення забруднень ручним і механізованим інструментом. Механічні способи видалення забруднень засновані на додатку до них тангенціальних і нормальних сил механічного впливу.

Зазначені способи включають: 1) видалення забруднень ручним і механізованим інструментом; 2) видалення забруднень впливом рідинних струменів.

До першого способу відноситься видалення забруднень шкребками, а також очищення в галтовочних барабанах. До другого способу, поряд з водоструминним очищенням, віднесене гідроабразивне та очищення кісточковою крихтою.

При механічному очищенні поверхонь застосовують ручний або механізований інструмент: металеві щітки, шкребки, стамески, абразивні або карборундові камені, а також абразивні шкурки. Механічне очищення застосовують в основному для видалення із зовнішніх поверхонь деталей скупчень бруду, продуктів корозії, накипу, нагару та доочищення поверхонь після мийки.

Очищення поверхні деталей машин за допомогою щіток називається крацеванням.

Очищення деталей машин у барабанах (галтовка). При галтовці деталі машин поміщають у барабани, що обертаються, у яких

вони піддаються абразивній дії абразивних часток, що завантажуються в ті ж барабани (порцелянової крихти, бою абразивних кругів і т.п.). Від забруднень деталі очищаються завдяки взаємному тертю їх між собою та абразивним наповнювачем (рис. 3).

У випадку мокрої галтовки в барабани, поряд з абразивними частками, додають органічні розчинники або водяні розчини лугів. Найчастіше барабани занурюють у ванни з відповідними миючими реагентами, які проникають у порожнину барабана через його перфоровану поверхню (рис. 4). У ванну 3, заповнену миючим розчином, занурюють шестигранний барабан 4 з отворами в бічних стінках, миючий розчин підігрівають парою, що підводять до змійовика 6.

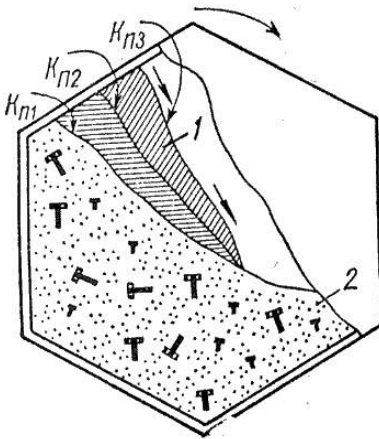


Рис. 3 – Схема процесу галтовки деталей у шестигранному барабані:

1 – активна зона;  
2 – "мертва" зона;  $K_{n1} - K_{n3}$  місця відриву деталей і наповнювача від стінки барабана

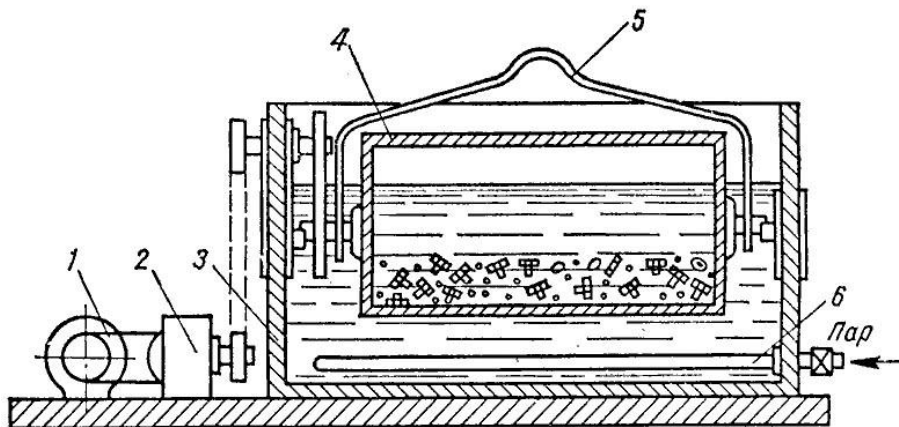


Рис. 4 – Схема установки для очищення деталей у барабані:

1 – електродвигун; 2 – редуктор; 3 – ванна; 4 – барабан з отворами;  
5 – скоба; 6 – змійовик.

Барабан обертається електродвигуном 1 через редуктор 2. При обертанні барабана, деталі що переміщуються, ударяються одна об іншу і об частки абразивного наповнювача. У результаті

взаємного тертя поступово видаляються забруднення з поверхні деталей.

Розчин, що надходить із ванни в барабан через його перфоровані стінки, зм'якшує ріжучу дію абразиву і забезпечує видалення забруднень.

Водоструминне очищення. Його застосовують для видалення із зовнішніх поверхонь машин пилу, бруду і маслянисто-грязьових відкладень при вмісті в останніх не більше 35% мастила.

Водоструминні установки складаються із плунжерного або вихрового насоса, електродвигуна, шланга і пістолета (гідромонітора). Стаціонарні установки монтуються на рамі, пересувні – додатково обладнуються спеціальним візком. Подача води та зміна форми струменя від віялової до кинджальної регулюється розпилюючим пістолетом (рис. 5)

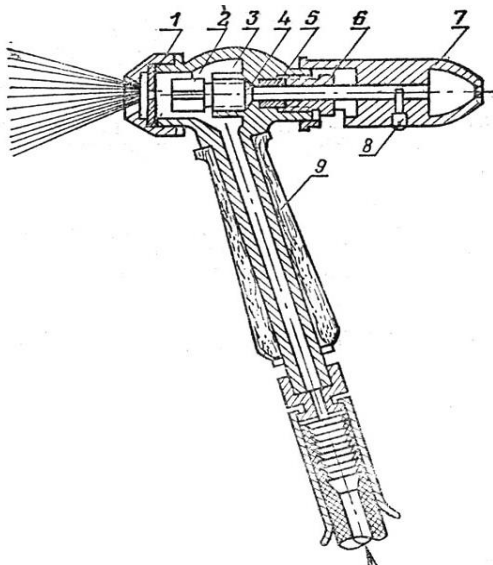


Рис. 5 – Мийний пістолет моделі 134-1:

- 1 – пластина;
- 2 – пробка;
- 3 – камера;
- 4 – стрижень пробки;
- 5 – сальник;
- 6 – гайка сальника;
- 7 – регульовальна рукоятка;
- 8 – гвинт;
- 9 – рукоятка пістолета.

У процесі водоструминного очищення металевих поверхонь кинджальним струменем розмивають шар бруду, а віяловим змивають бруд. Кузов і оперення автомобілів не рекомендують мити кинджальним струменем води, тому що при цьому тверді частки пилу й бруду можуть подряпати плівку емалі.

Зовнішню очистку машин виконують перед встановленням їх на майданчик ремонтного фонду і перед ремонтним діагностуванням, а також у випадках, передбачених технологічним процесом ремонту техніки. Для цього застосовують пересувні і стаціонарні мийні установки і машини.

Найпростішою є водоструминна установка для шлангового

миття струменем з робочим тиском 2 МПа. Ефективніші – моніторні мобільні миючі машини високого тиску (10 МПа), з регульованою формою перерізу струменя. Випускаються такі машини у трьох варіантах: для очистки холодною водою, холодною водою і абразивною водопіщаною сумішшю і для очистки у кількох режимах – пароводоструминною сумішшю, холодною і гарячою водою (80°C) і застосуванням СМЗ і без них.

Також можуть застосовуватися стаціонарні камерні тупикові і прохідні миючі машини. Які розрізняються за конструкцією душових пристроїв і характером відносного руху, душового пристрою і об'єкту очистки. На окремих ремонтних підприємствах застосовують машини для очистки вузлів і агрегатів тракторів і автомобілів занурюванням, що дозволяє очищати як зовнішні поверхні, так і внутрішні порожнини картерів. Для підвищення ефективності очистки занурюванням використовують коливальну платформу, на якій встановлюють машину, затоплені струмені (струмінь рідини у рідині) тощо.

Очистка агрегатів, вузлів і деталей виконується у струминних миючих машинах, машинах занурювального типу і комбінованих, де в одному агрегаті застосовуються занурювальні і струминні способи.

На ремонтних підприємствах використовують три типи струминних миючих машин: камерні тупикові, камерні прохідні і секційні. Деталі в цих машинах очищають струменями миючого розчину, які подаються із насадок під тиском 0,4-1,4 МПа.

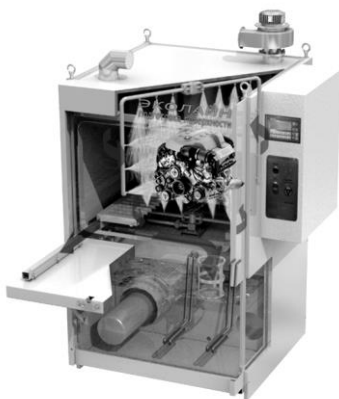


Рис. 6 – Камерна тупикова струменева миюча машина МПП-250

Камерна тупикова миюча машина МПП-250 (рис. 6), має прямокутну камеру з відкидними дверима, висувну платформу яка дозволяє робити завантаження виробів зовні. Автоматизована система керування машини дозволяє змінювати параметри обробки в залежності від виду виробів. Машина може оснащуватися необхідним числом баків для виконання відповідних технологічних операцій. Робоча рідина впливає на поверхні деталей відразу за трьома напрямками.

Конвеєрна прохідна двосекційна

миюча машина оснащена підвісним конвеєром для переміщення деталей у тарі, або для великих деталей безпосередньо на підвісках. Миюча камера машини прямокутної форми і виконана разом із секцією ополіскування. Конструкція миючої камери дозволяє виконувати струминну очистку розчинами СМЗ і струминне ополіскування водою.

Струминні миючі машини для очистки агрегатів, вузлів і деталей мають такі недоліки. По-перше, їх експлуатація пов'язана з великими енергозатратами і, по-друге, вони не забезпечують повного видалення забруднень у різних заглибленнях: отворах, кишеньках, екранованих від прямої дії миючих розчинів. Ці недоліки призвели до створення і поширення машин занурювального типу (рис. 7), де контейнери з деталями занурюються у ванні з миючим розчином.

Під час очищення занурюванням, для інтенсифікації процесу, використовуються затоплені струменя, що представляють собою струменя рідини в рідині. Тобто, як би комбінацію занурювального і струминного очищення.

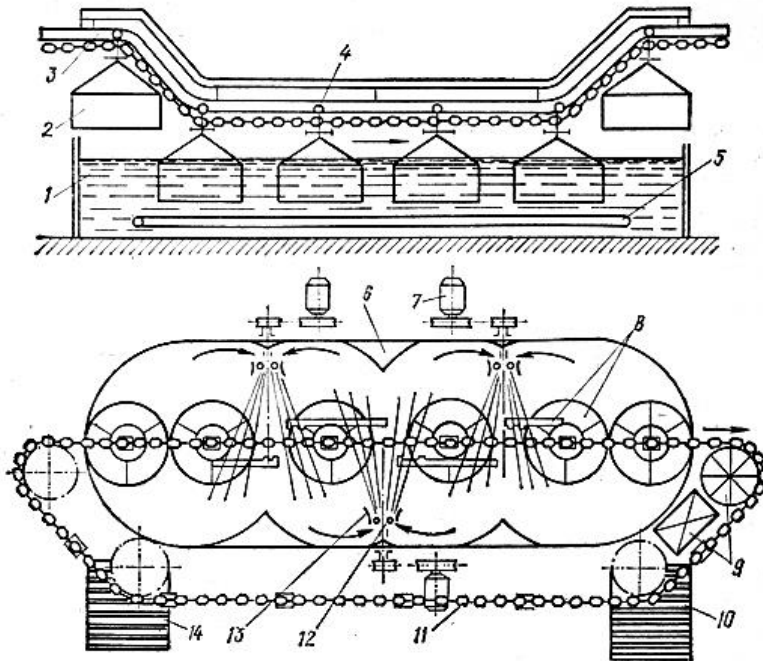


Рис.7 – Схема роботи конвеєрної мийної машини:

- 1 – ванна; 2 – контейнер; 3 – балка, 4 – каретка; 5 – труба;  
 6 – розсікач; 7 – електродвигун; 8 – шестерня з рейкою; 9 – привідний пристрій; 10 і 14 – рольганги; 11 – контейнер; 12 – лопатевий насос; 13 – дифузор.

Пароводоструминне очищення. Спосіб пароводоструминного очищення полягає в подачі на поверхню, що очищується, пароводяного струменя з температурою 90-100<sup>0</sup>С під тиском 5-20 кгс/см<sup>2</sup>. Висока температура, великий обсяг миючої рідини та виникаюча при ударі струменя об поверхню турбулентність потоку забезпечують ефективність очищення.

Ефективність пароводоструминного очищення визначається енергією струменя, яка залежить від тиску й обсягу рідини, що викидається на поверхню, та температури струменя, а також від активності хімічних присадок, які додаються в суміш.

Вихідні параметри очищення в основному залежать від типу водяного насоса. Одні установки оснащуються діафрагменними насосами, інші – поршневыми або плунжерними.

При очищенні машин від оливи, консистентних мастил, вуглецевих відкладень і консерваційних покриттів необхідно застосовувати миючі засоби. Короткочасність процесу очищення і низька концентрація миючих засобів у розчині, а також конструкції пароводоструминних установок представляють певні вимоги до миючих засобів.

По-перше, миючі засоби при проходженні через змійовик теплообмінника не повинні утворювати накипу; допускається лише утворення пухкого шламу, що легко видаляється. При відкладенні накипу на стінках змійовика знижується пропускна здатність і ККД теплообмінника, що знижує потужності і температуру струменя. Для попередження утворення накипу потрібно уникати застосування миючих засобів із значним змістом силікатів (метасиліката натрію, рідкого скла).

По-друге, миючі засоби повинні мати здатність швидко змочувати і емульгувати забруднення, а також давати рясну піну. Рясне піноутворення при пароводоструминному очищенні підвищує емульгуючу дію розчину та знижує його розбрикування при взаємодії з поверхнею, що очищується.

Застосування миючих засобів в 2 рази скорочує час очищення на пароводяному режимі та на режимі гарячої води, а також у 1,5-2 рази знижує вартість очищення.

Гідроабразивний спосіб очищення відрізняється від водоструминного способу тим, що в струмінь води вводять спеціальні абразиви; при цьому основним енергоносієм є стиснене повітря, яке захоплює абразивну рідину та з великою швидкістю викидає її на

поверхню, що очищується.

Рідина складається з абразивного матеріалу, що перебуває в ній у зваженому стані.

Як абразив, для приготування водно-піщаної суспензії, застосовують кварцевий пісок, окис алюмінію, карбід бору і кремнію з розміром часток 0,8-1,0 мм.

Установки для гідроабразивного очищення металевих поверхонь можна розділити за способом подачі абразивної рідини на такі види:

- 1) установки, що працюють за принципом ежектування абразивної суміші (установки пневмоежекційного типу) (рис. 8);
- 2) установки, що працюють за принципом видавлювання абразивної суміші стисненим повітрям;
- 3) установки, що працюють за принципом подачі абразивної суміші відцентровим або поршневым насосом;
- 4) установки, що працюють за принципом роздільної подачі суміші повітря з піском і води до сопла.

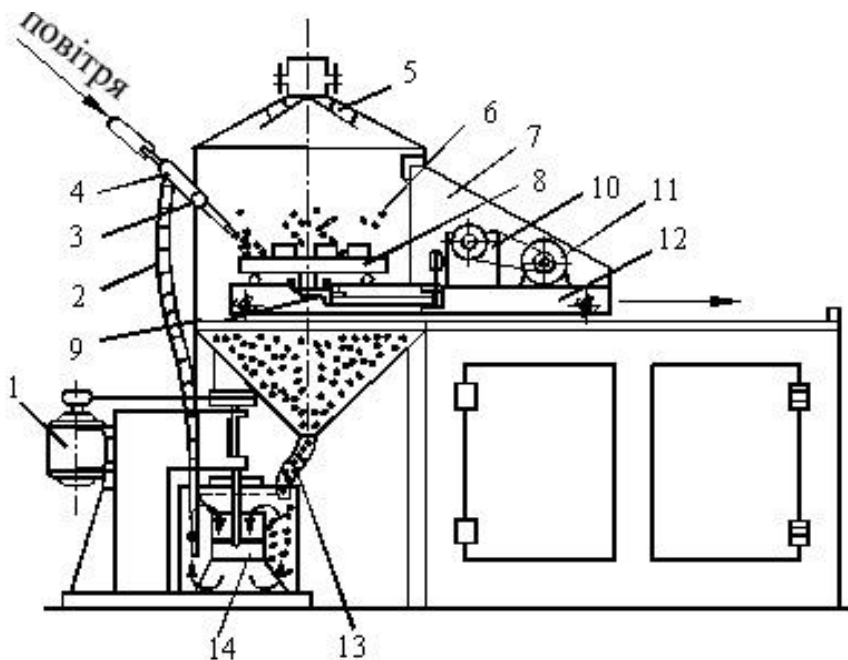


Рис.8 – Установка, що працює за принципом ежектування абразивної суміші: 1 і 11 – електродвигуни; 2 і 13 – шланги; 3 – кувальова опора; 4 – струминний апарат; 5 – відбивач; 6 – камера; 7 – кожух; 8 – поворотний стіл; 9 – конічна передача; 10 – редуктор; 12 – візок; 14 – мішалка

Очищення деталей у розплавах солей і лугів. Очищення деталей у розплавах солей і лугів широко застосовується в машинобудуванні і ремонтному виробництві, насамперед для видалення нагару і накипі (рис. 9).

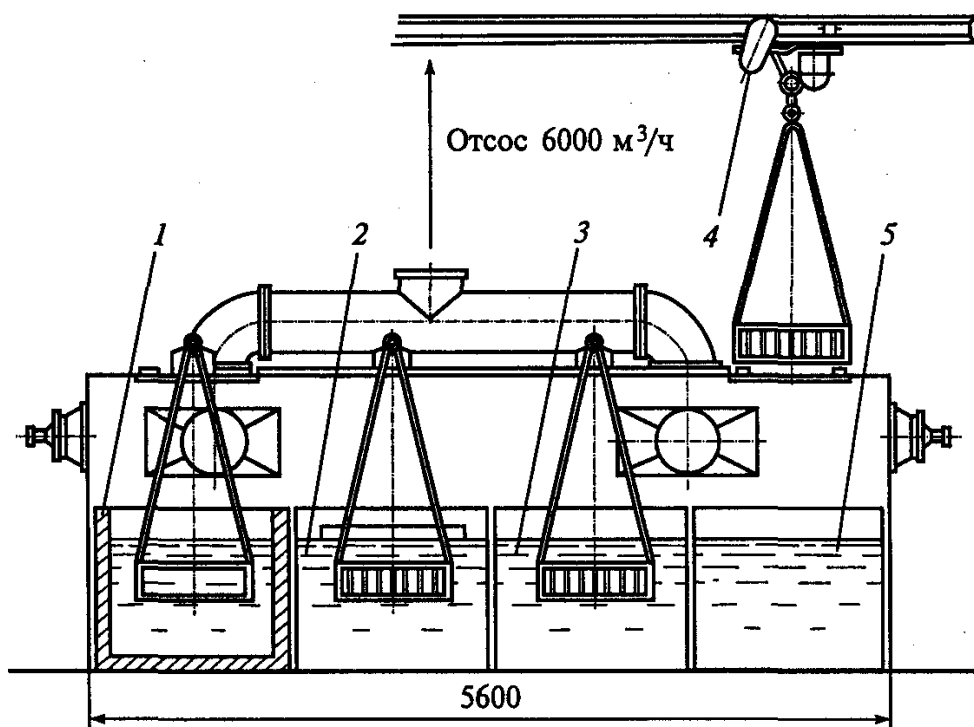


Рис. 9 – Схема установки для очищення від нагару і накипі в розплаві солей і лугів: 1 – ванна з розплавом; 2 – перша промивна ванна; 3 – ванна з кислотним розчином; 4 – електротельфер для завантаження і вивантаження деталей; 5 – друга промивна ванна.

Для хіміко-термічного очищення деталей можна рекомендувати такий состав розплаву:  $\text{NaOH}$  – 60-70%,  $\text{NaNO}_3$  – 35-25% і  $\text{NaCl}$  – 5%.

Робочий діапазон температур розплаву лежить у межах  $400 \pm 10^\circ\text{C}$ . При цьому на очищення деталей автотракторних двигунів потрібно 5-15 хв. Якщо в оброблюваній партії переважають деталі з відкладеннями накипі, температуру розплаву варто понизити до  $340-350^\circ\text{C}$ . При очищенні деталей переважно з відкладеннями нагару температуру розплаву можна підвищити до  $420^\circ\text{C}$ , а для деталей із сірого чавуну – до  $450^\circ\text{C}$ . Температура понад  $450^\circ\text{C}$  нецільна, тому що приводить до зміни фізико-механічних властивостей деяких деталей.



Видалення забруднень за допомогою ультразвуку. Хороші результати для очистки деталей паливної апаратури, гідросистем, карбюраторів, підшипників кочення і інших деталей досягаються ультразвуковою обробкою в спеціальних ваннах з миючим розчином. Складний характер потужних ультразвукових полів, що створюють у рідині широкий амплітудно-частотний спектр механічних коливань, приводить до виникнення в ній ряду гідродинамічних явищ, які і визначають механізм видалення забруднень.

Схеми ванн для ультразвукової мийки показані на рис. 10.

У практиці ультразвукового очищення використовуються ультразвукові коливання великої потужності з частотою 35 кГц, що створюють нерегулярне поле з розривами суцільного середовища. Коливання створюються кварцевим або магнітно-стрікційним перетворювачем. Принцип першого полягає у використанні п'єзо ефекту кварцу та деяких керамік, а принцип іншого – у зміні довжини пластин перетворювача під дією магнітного поля.

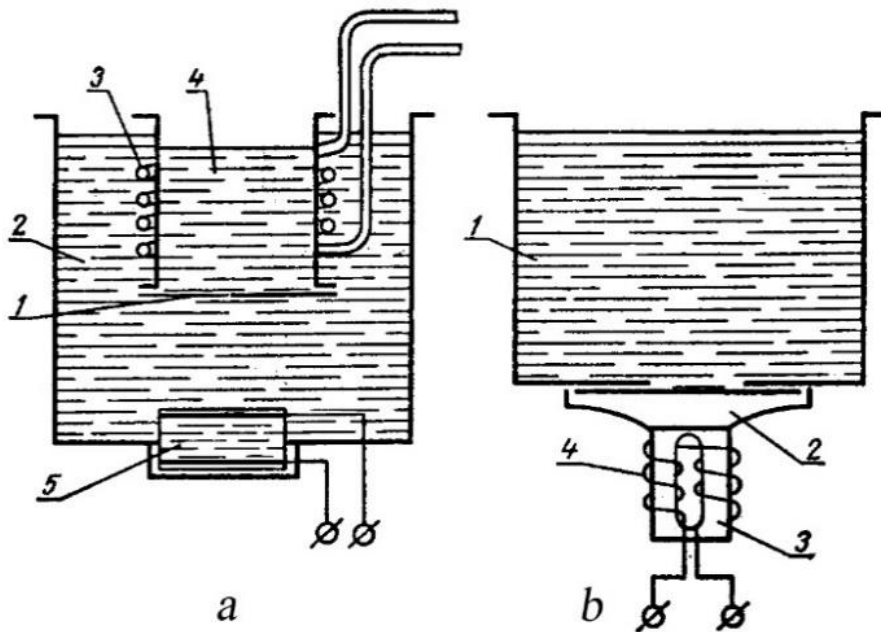


Рис. 10 – Схеми ванн для ультразвукового миття:

- a* – з п'єзокварцевим випромінювачем 1 – діафрагма; 2 – проміжне середовище (трансформаторна олива); 3 – нагрівальний змійовик; 4 – ванна з миючим розчином; 5 – п'єзокварцевий випромінювач;  
*b* – з магнітострікційним випромінювачем; 1 – миючий розчин; 2 – трансформатор ультразвукових коливань; 3 – перетворювач; 4 – обмотка.

## Контроль якості очищення.

Існує кілька методів контролю очистки, які залежать від рівня забруднення деталей після очистки і висоти мікронерівностей їх поверхонь. При макроочистці (видалення забруднень, які заважають розбиранню, дефектації та механічній обробці) видаляють всі види забруднень до рівнів, обумовлених шорсткістю поверхні, нехтуючи забрудненістю у западинах мікронерівностей. Під час мікроочистки із западин шорсткої поверхні видаляють сліди забруднень, які залишилися після макроочистки, а також легкі технологічні забруднення. Від мікроочистки залежить якість складання, надійність і ресурс об'єкта ремонту, а при фарбуванні – адгезія лакофарбового покриття. Такий розподіл очисних операцій на макро- і мікроочистку економічно доцільний.

Після макроочистки застосовують ваговий метод контролю. Зважуванням деталей на аналітичних вагах до і після знімання забруднень розраховують забрудненість поверхні.

Допустима залишкова забрудненість поверхні після макроочистки: для шорсткості поверхні Rz 40 становить – 1,25 мг/см<sup>2</sup>, для Rz 40-Ra 2,5 – до 0,70 мг/см<sup>2</sup> і для Ra 1,25-Ra 0,32 – 0,25 мг/см<sup>2</sup>. Під час складання допускається забрудненість не більше 0,10-0,15 мг/см<sup>2</sup>, а перед фарбуванням – не більше 0,005 мг/см<sup>2</sup>.

Поверхню деталей з шорсткістю Ra 1,25 і вище контролюють люмінесцентним способом, який ґрунтується на властивості оливи світитися під впливом ультрафіолетового проміння. За величиною плям, що світяться, визначають ступінь забрудненості поверхні. Для цього є спеціальні прилади.

Для деталей з шорсткістю Ra 0,63 і вище використовують спосіб, при якому деталь занурюють у холодну дистильовану воду. У випадку наявності на поверхні деталі забруднення понад 0,01 г/см<sup>2</sup> водяна плівка після винурювання миттєво розривається, а при 0,005 г/см<sup>2</sup> розрив плівки настає через 4-7 с.

## Лекція № 4

### Дефектація деталей.

#### Критерії граничного стану деталей і спряжень.

Мета дефектації деталей – визначити їх технічний стан під час надходження машин і агрегатів у ремонт.

Для прийняття об'єктивних рішень відносно подальшого використання деталей керуються нормативно-технічними документами для даного виду і об'єкта ремонту. Порівняння фактичних (вимірних або визначених іншими методами) і нормативних значень параметрів стану дозволяє виявити наявність дефекту деталі (звідси термін «дефектація деталей»).

У нормативних документах (технічних вимогах на дефектацію) зазначені два види оцінюваних параметрів, тобто критеріїв технічного стану деталей: критерій допустимості подальшого використання деталі, який забезпечує ресурс до наступного ремонту, і критерій граничного стану, за якого деталь не може бути встановлена на машину.

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

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

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

Значення параметрів граничного (допустимого) стану деталей і спряжень обумовлюються в технічній документації. Для ремонту машин такою документацією є технічні вимоги на дефектацію

для конкретної марки машини.

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

Граничні параметри деталей і спряжень не можуть бути призначені довільно.

Граничні параметри встановлюються за технічним, технологічним і економічним критеріями.

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

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

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

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

У більшості випадків, основні деталі досягають свого граничного стану не тому, що знос викликає небезпеку їх поломки, а тому, що із збільшенням зазорів у спряженнях погіршуються робочі параметри двигуна (знижується потужність, збільшується питома витрата палива тощо), а значить і знижується продуктивність машини та збільшуються витрати експлуатаційних матеріалів, що

впливає на економічність.

Одним із поширених параметрів економічного критерію граничного стану вузла, агрегату або машини є оптимальна довговічність, тобто такий ресурс або строк служби, за якого досягається мінімум витрат на її придбання, експлуатацію і ремонт, що припадають на одиницю продукції або одиницю наробітку (рис. 1).

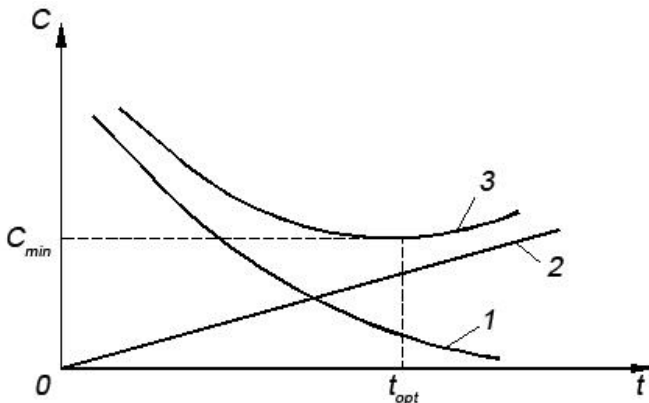


Рис. 1 – Схема визначення економічно оптимального ресурсу машин: питомі витрати:

- 1 – амортизаційні,
- 2 – експлуатаційні;
- 3 – сумарні

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

Отже у процесі дефектації деталі сортують на групи, які визначають технологічні потоки деталей: деталі, придатні для подальшого використання у процесі ремонту машин; деталі, які відправляють на ремонт; непридатні деталі, які утилізують. У деяких випадках у технічних нормативних документах першу групу деталей розбивають на дві підгрупи: деталі, придатні у sprzęженні тільки з новою (або відновленою) деталлю, і деталі, придатні у sprzęженні з частково зношеною. Такий підхід передбачає можливість використання тих деталей, які за величиною зносу вже не відносяться до придатних для sprzęжень із зношеними деталями, але у sprzęженні з новими деталями ще забезпечують допустимі значення зазору у з'єднанні. Наявність такої додаткової групи деталей деякою мірою збільшує кількість деталей, які не потребують затрат на ремонт, але при цьому ускладнюється організація технологічних потоків і комплектування деталей.

В умовах ремонтного виробництва деталі, придатні для ремонту, також можуть бути розділені на дві частини: ті, які ремонтують на самому підприємстві, і ті, що відправляють на спеціалізоване підприємство.

Деталі після дефектації маркують фарбою: придатні – зеленою, придатні у спряженні з новими або відновленими деталями – жовтою, деталі, що підлягають ремонту на даному підприємстві – білою, на спеціалізованих ремонтних підприємствах – синьою, непридатні – червоною.

Важливим завданням, особливо для великих ремонтних підприємств, є накопичення інформації про результати дефектації і сортування деталей з метою удосконалення організації ремонту. Для всіх груп відсортованих деталей даної марки машин за накопиченою інформацією визначають коефіцієнти придатності ( $K_{\Pi}$ ), відновлення ( $K_B$ ) і змінності ( $K_3$ ). Вони характеризують кількість придатних деталей, що підлягають ремонту, і непридатних деталей відносно всіх однойменних деталей, які пройшли дефектацію:

$$K_{\Pi} = \frac{n_{\Pi}}{N}; K_B = \frac{n_B}{N}; K_3 = \frac{n_3}{N}; N = n_{\Pi} + n_B + n_3, \quad (1)$$

де  $n$  з індексами « $\Pi$ », « $B$ » і « $3$ » – відповідно кількість деталей придатних, що потребують відновлення, і непридатних (змінних). Важливими для ремонтних підприємств є коефіцієнти повторності дефекту  $K_{\Pi Di}$ , які визначаються відношенням кількості деталей одного найменування з даним дефектом  $n_{Di}$  до загальної кількості ремонтнопридатних деталей  $n_{Bi}$ :

$$K_{\Pi Di} = \frac{n_{Di}}{n_{Bi}} \quad (2)$$

Маючи дані про коефіцієнти повторності дефектів деталей, можна значно точніше оцінювати необхідність трудових і матеріальних витрат на відновлення деталей як під час проектування, так і в процесі функціонування ремонтного підприємства, а отже, впливати на скорочення витрат виробництва.

### **Методи дефектації.**

Для реалізації завдань дефектації використовують такі методи: органолептичні, інструментальні за геометричними параметрами і виявлення прихованих дефектів.

Органолептичні методи дефектації ґрунтуються на оцінках технічного стану деталей за допомогою органів чуття і виконуються:

➤ зовнішнім оглядом, за допомогою якого виявляють видимі пошкодження і зміни початкової форми деталі (тріщини, пробоїни, обломи, викришування, раковини, задири, жолоблення, пошкодження різьб);

➤ остукуванням – на слух (за деренчливим або глухим звуком) визначають малопомітні тріщини, ослаблення заклепок рам, зазори у нерухомих з'єднаннях деталей;

➤ випробуванням вручну – визначають, наприклад, придатність різьб закручуванням і відкручуванням болта або гайки, заїдання у підшипниках кочення провертанням їх внутрішнього або зовнішнього кільця, вільність переміщень деталей рухомих з'єднань.

Усі ці способи дефектації у багатьох випадках не дають можливості зробити остаточний висновок про технічний стан об'єктів дефектації, оскільки вони мають суб'єктивний характер.

Інструментальні методи дефектації за геометричними параметрами передбачають визначення дійсних розмірів зношених деталей, похибок їх форми і взаємного розміщення осей і поверхонь, а також зазорів у спряженнях. Для цього використовують універсальні і спеціальні вимірювальні засоби. Крім того, застосовують калібри і шаблони, які відносяться до контрольних, а не вимірювальних засобів, оскільки визначають лише відповідність геометричних параметрів технічним вимогам, а не їх дійсні значення.

Вимірювання при дефектації виконують у місцях максимального зношування за найменшим значенням розміру валу й найбільшим значенням отвору.

До універсальних вимірювальних засобів відносяться: штангенінструменти, мікрометричні, індикаторні, важільно-механічні, оптико-механічні і оптичні інструменти.

До спеціальних засобів дефектації належать різні індикаторні пристрої для перевірки згину валів, згину і скрученості шатунів, неспіввісності гнізд корінних підшипників, радіальних зазорів у підшипниках кочення, пружності поршневих кілець і пружин тощо.

Вимірювальні засоби мають певні метрологічні характеристики. До основних з них, з точки зору вибору вимірювального інструменту для конкретного об'єкту вимірів відносяться межі вимірювань, ціна поділки і гранична похибка вимірювання. Вибір вимірювального засобу залежить від співвідношення між допуском на допустиме зношування  $\delta_z$  (а не допуском на розмір) і граничною

похибкою інструменту  $\Delta_{lim}$  (за довідковими даними). Щоб імовірність вибракування придатної деталі або пропуску непридатної була допустимо мала, повинно зберігатися відношення:

$$\Delta_{lim} \leq K \cdot \delta_3, \quad (3)$$

де  $K$  – коефіцієнт точності методу вимірювання приймають рівним 0,25-0,30.

Під час дефектації допуск  $\delta_3$  визначається як різниця між середнім за кресленником і допустимим при ремонті розмірами.

Калібри для дефектації використовують не з двома граничними межами, як у випадку виготовлення або відновлення деталей, а з однією, прохідні, налагоджені тільки на допустимий розмір. Можливе застосування калібрів з двома межами, якщо, наприклад, один бік налагоджений на допустимий розмір у з'єднанні з новою деталлю, а другий – на розмір, допустимий з деталлю, яка була в експлуатації, при цьому деталі сортуватимуться на дві групи.

Для контролю отворів під час виготовлення (відновлення) застосовують повні пробки, а при дефектації – неповні або у вигляді нерегульованих нутромірів. Такі конструкції калібрів дозволяють уникнути помилок, пов'язаних з нерівномірністю зношення внутрішніх поверхонь (повна пробка може пропустити непридатну деталь, бо не ввійде в отвір по меншому розміру нерівномірно зношеної поверхні, хоча її більший розмір вийшов за межі допустимого).

Методи виявлення прихованих дефектів. Для визначення тріщин від втомленості, тріщин від силових і теплових навантажень та дефектів зварних швів застосовують фізичні методи дефектоскопії (магнітної, капілярної, ультразвукової, гідравлічної і пневматичної).

В даний час в експлуатації і під час ремонту машин широко застосовують такі методи неруйнівного контролю: оптико-візуальний; капілярний; магнітопорошковий; ультразвуковий.

Оптико-візуальний метод, порівняно з іншими методами, має низьку чутливість і достовірність під час визначення дефектів. Він дозволяє виявити розкриті тріщини (завширшки 0,1...0,01 мм), знос, корозію, ерозійні пошкодження, пробоїни, обриви, залишкову деформацію, нагар, течу в системах.

При контролі близько розташованих об'єктів застосовують лупи і мікроскопи. Для збільшеного зображення, лупу розміщують поблизу поверхні деталі 1 (рис. 2) так, щоб відстань між ними була



трохи менше фокусної відстані лупи.

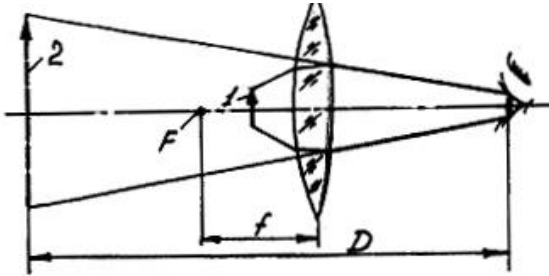


Рис. 2 – Схема огляду із застосуванням лупи:

1 – об'єкт контролю;  
2 – уявне зображення;

F – фокус лупи;  
f – фокусна відстань лупи

Деталі й елементи конструкцій, які недоступні прямому спостереженню, оглядають із застосуванням приладів-ендоскопів, жорстких або гнучких. Гнучкі ендоскопи містять джгути оптичних волокон діаметром, зазвичай, менше 0,3 мм, що мають світлову жилу з прозорого матеріалу і оболонку з матеріалу з меншим показником заломлення. На кінцях джгута ендоскопа встановлюють об'єктив і окуляр (рис. 3).

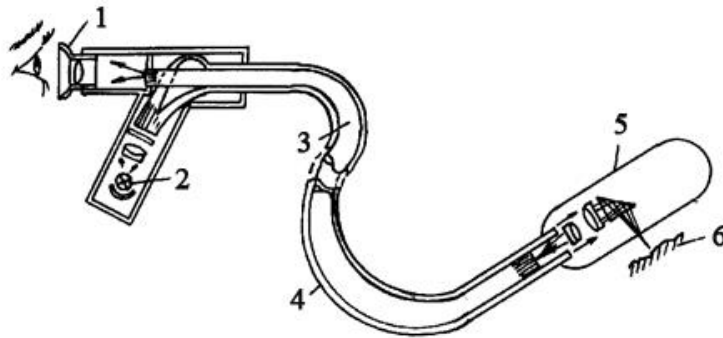


Рис. 3 – Схема гнучкого ендоскопа: 1 – окуляр; 2 – джерело світла; 3, 4 – джгути волокон; 5 – голівка об'єктиву; 6 – об'єкт контролю

У всіх випадках контролю забезпечують високу освітленість деталей, що оглядаються, приблизно до 4000...5000 лк. Така освітленість деталей є неодмінною умовою ефективного оптико-візуального контролю.

Переваги і недоліки оптико-візуального контролю, сфера застосування:

Переваги:

- метод може бути застосовний на будь-яких, без обмеження, матеріалах та конструкціях;
- є прямим методом контролю, дефект можна фотографувати і документувати;
- метод простий у використанні.

Недоліки:

- дозволяє виявляти лише поверхневі дефекти;
- має малу чутливість (роздільна здатність).

Капілярні методи застосовують на будь-яких матеріалах, за винятком пористих. Вони дозволяють контролювати деталі складної форми по всій поверхні відразу, відрізняються високою чутливістю і роздільною здатністю, наочністю результатів, за якими можна встановити місце розташування дефекту та його протяжність.

Дефектація деталей кольоровим методом проводять із застосуванням трьох основних дефектоскопічних матеріалів (рис.4): проникної червоної рідини; очищувальної рідини; проявної білої фарби.

Технологія кольорового методу контролю складається з таких технологічних операцій: підготовка поверхні деталі до контролю; нанесення червоної проникної рідини на деталь; видалення проникної рідини з поверхні деталі; нанесення білої проявної рідини; витримка деталей для прояву дефектів; огляд деталей і видалення проявної фарби.

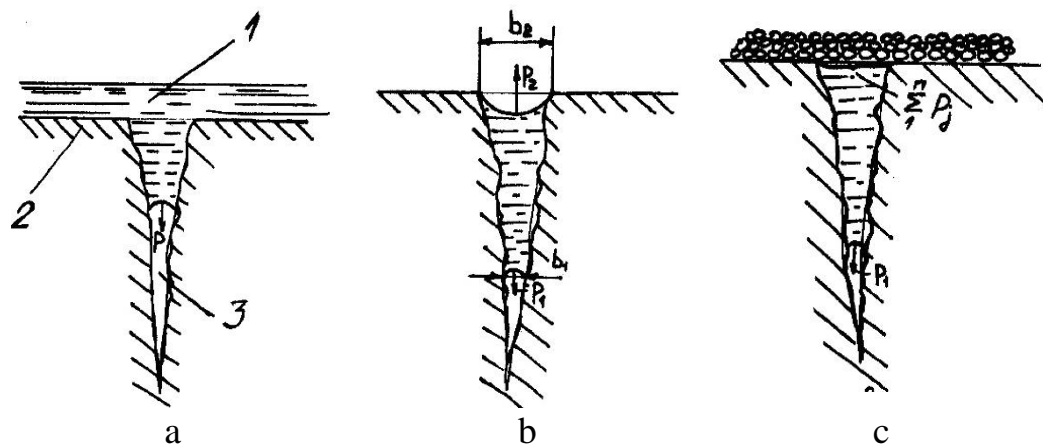


Рис. 4 – Заповнення рідиною 1 порожнини тріщини 3 на поверхні деталі 2: а – нанесення червоної проникної рідини; б – видалення червоної проникної рідини; с – нанесення білої проявної рідини.

Особливості люмінесцентної дефектації (контролю). В основі люмінесцентного контролю покладено розглянуті вище фізичні явища змочуваності і капілярного ефекту.

Технологія застосування даного методу складається з таких етапів: 1. Підготовка поверхні до контролю; 2. Нанесення проникної рідини. Проникна рідина – це рідина, що складається з гасу і

розчиненого в ньому люмінесцентного порошку; 3. Видалення проникної рідини; 4. Огляд деталей і виявлення дефектів. Огляд проводиться під ультрафіолетовою лампою в темній кімнаті (рис. 5). Проникна рідина, що знаходиться в дефектах, починає світитись яскраво-зеленим або яскраво-синім світінням, вказуючи на розташування дефекту.

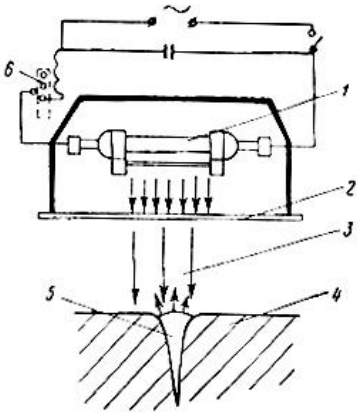


Рис. 5 – Схема люмінесцентної дефектації:

- 1 – ртутно-кварцова лампа;
- 2 – світлофільтр;
- 3 – пучок ультрафіолетових променів;
- 4 – деталь;
- 5 – дефект заповнений люмінофором;
- 6 – дросель.

Цей метод контролю за часом в половину коротше, ніж кольоровий метод, і тому продуктивніший.

Переваги і недоліки капілярних методів, сфери застосування

Переваги:

- може застосовуватись на будь-яких матеріалах і конструкціях за винятком пористих і схильних до розчинення органічними розчинниками;
- має високу чутливість;
- простий у застосуванні;
- є прямим методом контролю, дефекти можна фотографувати і документувати.

Недоліки:

- вимагає ретельної підготовки поверхні;
- має великий час контролю;
- ускладнений контроль за низьких температур;
- дозволяє виявляти тільки поверхневі дефекти.

Магнітопорошковий метод є основним для контролю деталей з магнітних сталей. Він дозволяє виявляти поверхневі і підповерхневі дефекти (рис. 6). Він відрізняється значною чутливістю і достовірністю, простотою й універсальністю методики контролю (за результатами контролю можна точно встановити місце і довжини дефекту).

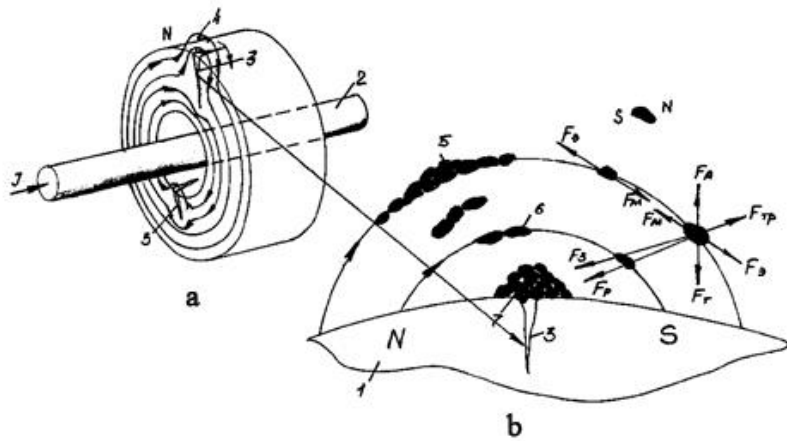


Рис. 6 – Схема утворення магнітного поля розсіювання над тріщиною (а) і сил, що діють на частку в полі розсіювання (б): 1 – деталь, 2 – кабель, 3 – тріщини, 4 – поле розсіювання, 5, 6 – ланцюжки з порошку, 7 – порошок над тріщиною

Магнітопорошковий метод засновано на виявленні магнітних полів розсіювання над дефектами за допомогою феромагнітних часток. Якщо по кабелю 2, (рис. 6 а), що проходить через порожнисту деталь 1, пропустити електричний струм, то магнітний потік, який виникає, замкнеться по деталі. У місцях тріщин він виходить за межі деталі, утворюючи неоднорідне магнітне поле розсіювання 4 і місцеві магнітні полюси N і S. Найбільша щільність магнітних силових ліній спостерігається безпосередньо над тріщиною (або іншою нецілісністю) і зменшується з віддаленням від неї.

Розмір дефекту, який можна виявити, залежить від напруженості поля розсіювання, обумовленого дефектом. Напруженість поля розсіювання швидко падає із збільшенням глибини залягання дефекту під поверхнею.

Для дефектації деталей зі світлою поверхнею використовують порошок окису – закису заліза  $Fe_3O_4$  чорного або коричневого кольору. Розмір основної маси часток порошку не перевищує 30 мкм.

Під час контролю деталей з темною поверхнею застосовують суміш порошку з гасу і мінерального масла, а також можлива заміна гасу на бензин або дизельне паливо.

Необхідною умовою для виявлення дефектів є розташування магнітних полів розсіювання відносно дефекту.

Для якісного контролю необхідно, щоб силові лінії магнітного поля розташовувалися перпендикулярно відносно дефекту або під кутом не менше 30°. У разі орієнтації силових ліній паралельно дефекту утворення полів розсіювання на поверхні мінімальне, а, отже, виявлення дефектів неможливе. Тому, під час магнітопорошкового контролю, застосовують полюсне (подовжнє), циркуляційне і комбіноване намагнічування.

Послідовність виконання технологічних операцій при контролі поверхонь тертя способами намагнічення представлена на рис. 7.

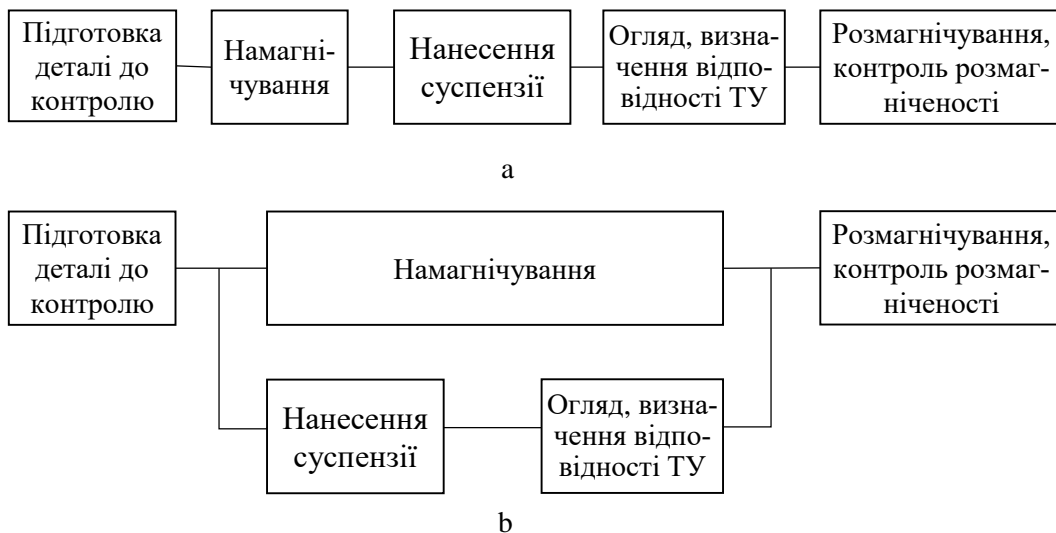


Рис 7 – Послідовність виконання технологічних операцій при контролі: а – за залишкової намагніченості (полюсне або циркулярне намагнічування); б – в прикладеному магнітному полі (комбіноване намагнічування)

Намагнічені деталі після контролю, перед установленням в конструкцію, мають бути розмагнічені.

Для розмагнічування необхідно провести розорієнтування доменів. Для цього необхідно виконати дві умови:

1. Циклічно перемагнічувати деталь.
2. Водночас з перемагнічуванням зменшувати напруженість магнітного поля до нуля.

Переваги:

- дозволяє визначати поверхневі і підповерхневі дефекти;
- має значну чутливість;

- є прямим методом контролю, не вимагає еталону, наявність дефекту можна фотографувати та документувати;
- не вимагає ретельної підготовки поверхні.

Недоліки:

- застосовується лише на феромагнітних матеріалах;
- після проведення контролю деталь слід розмагнічувати.

Ультразвуковий метод знаходить все більш широке застосування і виступає як основний метод контролю. Цим методом перевіряють будь-які деталі, виготовлені з будь-яких матеріалів (за винятком гум і композитів). Метод дозволяє з високою чутливістю виявляти поверхневі, підповерхневі і глибинні дефекти, маючи високу продуктивність.

Для збудження ультразвукових хвиль використовують електроакустичні перетворювачі: магнітострикційні і п'єзоелектричні. В ультразвукових дефектоскопах застосовують п'єзоелектричні перетворювачі з п'єзокераміки – цирконату свинцю, титанату свинцю і титанату барію.

Дія таких елементів заснована на п'єзоелектричному ефекті, який полягає в тому, що при стискуванні і розтягуванні перетворювачів на їх поверхнях виникають електричні заряди (рис. 8).

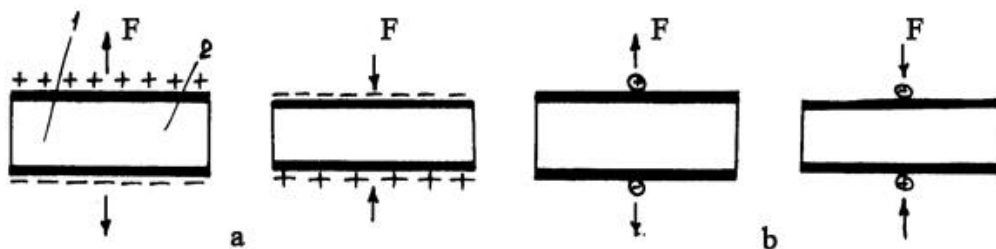


Рис. 8 – Прямий (а) і зворотний (б) п'єзоелектричні ефекти: 1 – п'єзопластина; 2 – шар срібла; F – сила стискування або розтягування

Знак зарядів визначається видом деформації (стискування або розтягування), а величина – прикладеною силою.

Для збудження в деталі хвиль різного типу використовують властивості відбиття, заломлення і трансформації ультразвукових коливань на кордоні двох середовищ. Якщо подовжня хвиля падає на деталь по нормалі до її поверхні то частина енергії ультразвукових коливань проходить у метал і поширюється в ньому також у напрямі нормалі, а частина відбивається. При цьому хвилі, і ті, що проходять, і відбиті, мають один і той самий тип, що і початкова, тобто є подовжніми.

Для поліпшення акустичного контакту на поверхню деталі, в місці встановлення шукача, наносять тонкий шар мінерального мастила (контактне змащування), яке заповнює западини шорсткостей поверхонь, усуваючи тим самим повітряний зазор. Так вдається вводити в метал близько 10-20% початкової на нього енергії ультразвукових коливань.

Для отримання інтенсивного відбиття енергії ультразвукових коливань від дефекту потрібно, щоб його розміри в плоскості, перпендикулярній до напрямку розповсюдження хвилі, були більше  $1/3 \lambda$  ( $\lambda$  – довжина хвилі).

Ехо-імпульсний метод ультразвукового контролю заснований на реєстрації відбитої від поверхні несутцільності матеріалу (тріщин, раковин, корозії тощо) або інших відбивачів ультразвукової хвилі. Суть ехо-імпульсного методу зрозуміла з аналізу рисунку 9.

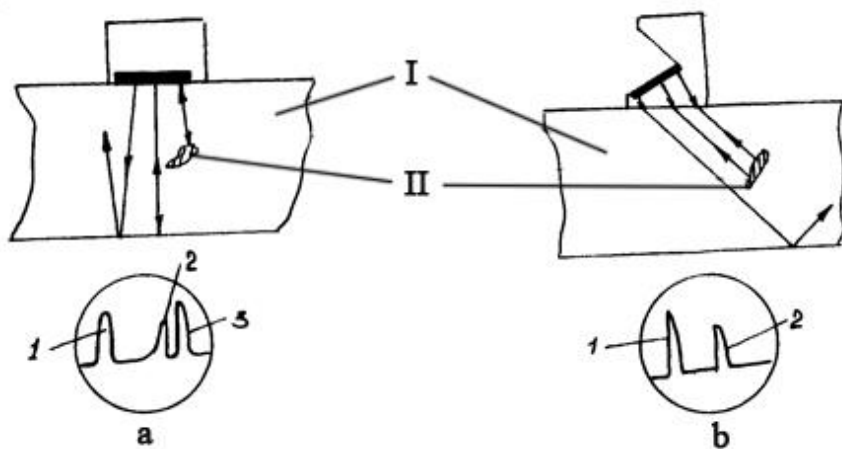


Рис. 9 – Схема прозвучування ехо-імпульсним методом із застосуванням прямого (а) і похилого (б) шукачів; I – деталь II – дефект:  
1 – початковий сигнал; 2 – ехо-сигнал від дефекту;  
3 – донний сигнал

Для випромінювання і приймання ультразвукової хвилі за цим методом використовують один випромінювач, що виконує функції випромінювання і приймання. Індикатором ехо-сигналів у цьому випадку служить електронно-променева трубка дефектоскопа.

Чутливість ехо-імпульсного методу (мінімальна площа дефектів, що надійно виявляються) залежить від довжини хвилі і різниці в акустичних опорах матеріалу і дефекту. У свою чергу довжина

хвилі залежить від швидкості поширення коливань у матеріалі і робочої частоти, тобто що вище робоча частота і менше швидкість поширення коливань в контрольованому матеріалі ( $C_{\text{поп}} < C_{\text{под}}$ ), то вище чутливість.

Тіньовий метод використовують для контролю деталей нескладної форми і невеликої товщини (листового прокату, труб, профілів тощо). Суть методу зрозуміла з рис. 10. При контролі цим методом з одного боку деталі в матеріал деталі посилюють безперервну або імпульсну хвилю, а з протилежного боку її реєструють.

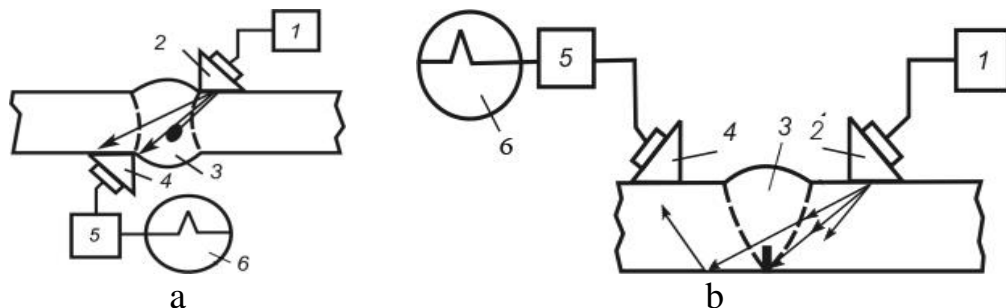


Рис. 10 – Схема прозвучування тіньовим (а) і дзеркально-тіньовим (б) методами: 1 – генератор; 2 – випромінювач; 3 – зварний шов; 4 – приймач; 5 – посилювач; 6 – індикатор

Якщо при переміщенні шукача на шляху хвилі зустрінеться дефект, то залежно від його розміру хвилі повністю або частково відіб'ються від нього або загаснуть. Про наявність дефекту судять за повним зникненням сигналу або за значним зменшенням його амплітуди.

Переваги:

- дозволяє контролювати деталі з будь-яких матеріалів (за винятком пористих, гум і композиційних матеріалів з наповнювачем);
- дозволяє визначати поверхневі, підповерхневі і глибинні дефекти;
- мінімальний час контролю на деталь (без урахування налаштування).

Недоліки:

- непрямий метод контролю, для налаштування дефектоскопа необхідні контрольні зразки;
- вимагає ретельної підготовки поверхні в місці встановлення шукача;
- складність налаштування дефектоскопа і розшифрування



показань;

- вимагає високої кваліфікації працюючого персоналу;
- відносно низька чутливість методу.

### **Загальні методи усунення дефектів зношених деталей спряжень.**

Зношування поверхонь спряжених деталей призводить до порушень розмірних зв'язків між деталями спряження, механізму або вузла. Ці зв'язки виражаються основним рівнянням розмірного ланцюга:

$$A\Delta = \sum_{i=1}^p A_{i3б} - \sum_{i=1}^q A_{i3м} , \quad (4)$$

де  $A\Delta$  – замикаюча ланка;

$A_{i3б}$  і  $A_{i3м}$  – складові, які відповідно збільшують і зменшують ланки розмірного ланцюга;

$p$  і  $q$  – кількість збільшуваних і зменшуваних ланок.

У процесі роботи взаємопов'язаних деталей значення замикаючої ланки змінюється. Водночас її розмір є одним із параметрів, граничне значення якого визначає втрату працездатності спряження (механізму, вузла). Відновлення працездатності за рахунок відновлення початкового значення замикаючої ланки може бути досягнуто шляхом впливу на зміну розмірів складових ланок.

Разом з тим у випадку багатоланкових розмірних ланцюгів відновлення працездатності механізму (вузла) початково можливе за допомогою регулювальних операцій. Наприклад, регулювання зазору між клапаном і коромислом клапана газорозподільного механізму двигуна, між зубами конічних шестерень головної передачі заднього моста машини тощо.

Однак, оскільки у процесі зношування змінюються не тільки розміри, але й форми тертьових поверхонь, відновлення замикаючої ланки регулюванням обмежене значенням похибки форми деталей. У цьому випадку необхідні інші способи відновлення розмірних ланцюгів.

Розглянемо ці питання для триланкових розмірних ланцюгів, які входять до складу розмірних ланцюгів механізмів і вузлів. Рівняння таких ланцюгів подаємо у вигляді:

$$S = A - B, \quad (5)$$

де  $S$  – зазор (у деяких випадках натяг);

$A$  – розмір отвору (охоплюючої поверхні, у тому числі, наприклад, шпонковий паз тощо);

$B$  – розмір валу (охопленої поверхні, у тому числі, наприклад, шпонка тощо).

Зміна розмірів  $A$  і  $B$  через зношування призводить до зміни зазору  $S$ , тобто зміни характеру посадки. Відновити посадку можна зміною розмірів зношених деталей  $A_p$  і  $B_p$  до значень  $A_n$  і  $B_n$  певними способами ремонтних впливів за умови збереження рівності:

$$S = A_n - B_n = A_p - B_p, \quad (6)$$

де індекс « $n$ » належить до нових незношених деталей нормального розміру, тобто розміру за робочим (основним) кресленням.

Із аналізу наведеної рівності можна встановити загальні методи відновлення посадки спряжених деталей (рис. 11, де зношування поверхонь віднесене до одного боку). На рис. 11 а зображена схема вихідного стану спряження, а на рис. 11 б – 11 д – після ремонтних впливів. Зношені поверхні позначені пунктиром.

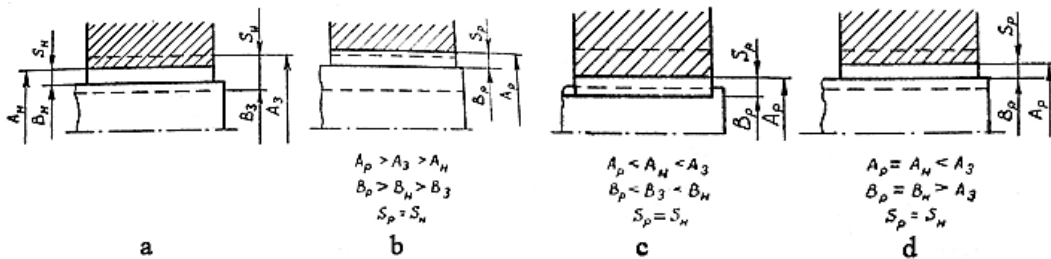


Рис. 11 – Схеми варіантів загальних методів відновлення

Відновлення посадки одночасним збільшенням (рис. 11 б) або зменшенням (рис. 11 с) розмірів отвору і валу. Ці варіанти дозволяють відновити посадку, але розміри отвору і валу відрізняться від розмірів, передбачених для виготовлення цих деталей. Розміри, встановлені для ремонту або виготовлення нової деталі, які відрізняються від аналогічних розмірів деталі за робочим (основним) креслеником, називаються ремонтними розмірами. Їх поділяють на категорійні і підгінні. Категорійними називають ремонтні остаточні розміри деталей, встановлені для певних категорій ремонту, підгінними – ремонтні розміри деталей, встановлені із врахуванням припуску на пригонку деталі за місцем призначення.

Під час ремонту спряжень із відновленням тільки посадки використовують деталі ремонтного розміру, у разі застосування яких одна з них піддається механічній обробці у процесі ремонту, а друга

(збільшеного розміру для валу і зменшеного розміру для отвору) випускається промисловістю у вигляді запасних частин. Деталь, яку механічно обробляють, коштує більше. Наприклад, відновлення спряження циліндр – поршень здійснюється механічною обробкою циліндра до ремонтного розміру, якому відповідає поршень ремонтного (збільшеного) розміру, що випускається промисловістю; зношені корінні і шатунні шийки колінчастого валу шліфуються і комплектуються із вкладишами ремонтного (зменшеного) розміру виробничого виготовлення.

Ремонтні розміри встановлюють виходячи із величини і характеру зношування поверхні. Таких розмірів для цієї деталі може бути декілька.

На рис. 12 зображено схему формування ремонтного розміру для отвору і валу.

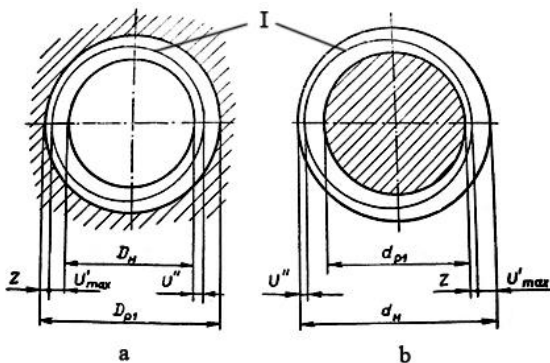


Рис. 12 – Схема формування ремонтних розмірів:

а – отвору;

б – валу;

I – зношені поверхні

Із схеми видно, що із урахуванням нерівномірності зношування перший ремонтний розмір може бути розрахований з таких залежностей:

для отвору

$$D_{p1} = D_H + 2(U'_{\max} + Z), \quad (7)$$

для валу

$$d_{p1} = d_H - 2(U'_{\max} + Z), \quad (8)$$

де  $D_H$ , і  $d_H$  – нормальні розміри отвору і валу;

$U'_{\max}$  – максимальне однобічне зношування;

$Z$  – припуск на механічну обробку на бік.

Замість однобічного максимального зношування для розрахунку використовують коефіцієнт нерівномірності зношування, який визначається так:

$$K_{нз} = \frac{U'_{\max}}{U'_{\max} + U''}, \quad (9)$$

де  $U''$  – діаметрально протилежне зношування відносно  $U'_{\max}$  ;

$U$  – загальна величина зношування за діаметром;

Звідси  $U'_{\max} = K_{нз} U$ , а залежність для розрахунку ремонтних розмірів набуде вигляду:

$$D_{p1} = D_H + 2(K_{нз} U + Z) \text{ і } d_{p1} = d_H - (K_{нз} U + Z) \quad (10)$$

У випадку симетричного зношування відносно осі деталі  $K_{нз} = 0,5$ , у випадку однобічного –  $K_{нз} = 1$ , тобто  $0,5 < K_{нз} < 1$ . Величину  $K_{нз}$  для конкретних деталей, встановлюють експериментальним шляхом. Наприклад, для шийок колінчастого валу  $K_{нз} = 0,7...0,8$ , для циліндрів двигуна  $K_{нз} = 0,6...0,7$ .

Якщо вираз  $2(K_{нз} U + Z)$ , який визначає ремонтний інтервал позначити  $\Delta$ , то розрахункові формули для ремонтних розмірів набудуть вигляду:

$$D_{pi} = D_H + i\Delta \text{ і } d_{pi} = i\Delta, \quad (11)$$

де  $i$  – номер ремонтного розміру (1, 2, 3, ...).

Граничні, максимальний для отвору ( $D_{p\max}$ ) і мінімальний для валу ( $d_{p\min}$ ), ремонтні розміри призначають з урахуванням можливого впливу зміни розмірів деталі на зменшення жорсткості і механічної міцності, на збільшення питомого тиску і зниження поверхневої твердості ремонтваної деталі, інакше кажучи – на зниження ресурсу (строку служби).

За значеннями ремонтного інтервалу і граничних ремонтних розмірів отвору або валу можна визначити кількість ремонтних розмірів:

$$\text{для отвору} \quad n_A = \frac{D_{p\max} - D_H}{\Delta}, \quad (12)$$

$$\text{для валу} \quad n_B = \frac{d_H - d_{p\min}}{\Delta}. \quad (13)$$

Однак застосування ремонтних розмірів має суттєвий недолік – порушується взаємозамінність деталей (зберігається тільки у межах одного ремонтного розміру). Крім того, збільшується номенк-

латура запасних частин і ускладнюється організація процесів комплектування і складання вузлів, зберігання деталей на складах. Незважаючи на ці недоліки, застосування стандартних ремонтних розмірів виправдовується певною економічною доцільністю.

Відновлення посадки за рахунок зміни розмірів до початкових із дотриманням взаємозамінності відновлених деталей з новими розв'язується, перш за все, за тим самим принципом, що й у випадку застосування деталей ремонтних розмірів, з тією різницею, що в одному випадку схема спряження виглядає так: оброблена деталь – зазор – нова деталь ремонтного розміру, а в другому – нарощена деталь – зазор – нова деталь стандартного розміру. Наприклад, зношене посадочне місце під підшипник кочення в картері коробки передач може бути відновлене місцевим залізненням-із встановленням нового стандартного підшипника кочення.

Способів компенсації зношеного поверхневого шару багато і використовуються вони залежно від факторів, що впливають на інтенсивність зношування конкретного спряження, а також економічної доцільності способу. До останніх, належать різні види наплавлення і напилення, електролітичні, електрофізичні та інші види покриттів, встановлення додаткових деталей (наприклад, цілісних і скрутних втулок, приварювання металевої стрічки). Компенсація зношеного поверхневого шару наведеними способами – це частина технологічного процесу, після чого обов'язкова, зазвичай, розмірно-точнісна, а нерідко і зміцнювальна обробка.

Відновлення спряження до початкових розмірів можливе способами компенсації зношеного поверхневого шару не тільки до однієї, але й водночас – до двох деталей спряження.

Для всіх методів відновлення посадки спряжень точність замикаючої ланки повинна відповідати початковій. Оскільки допуск замикаючої ланки дорівнює сумі допусків складових ланок, то допуск на обробку валу і отвору має бути таким, як під час виготовленні нових деталей.

## Лекція № 5

### Комплектування деталей. Складання, обкатування та випробування вузлів, агрегатів і машин. Фарбування, сушіння, контроль якості лакофарбових покриттів.

#### Комплектування деталей.

Комплектування деталей – це підготовча операція до складання вузлів, агрегатів і машин.

В умовах основного виробництва деталі комплектують за номенклатурою, відповідною цій складальній одиниці, з урахуванням однорідності груп, у випадку селективного складання, а також підбирання деталей за масою.

Підбирання деталей за масою належить до деталей шатунно-поршневої групи двигунів і має важливе значення, оскільки різниця маси рухомих деталей від різних циліндрів може викликати вібрацію двигуна і підвищення інтенсивності зношування його деталей. Номер селективної групи і маса деталей маркуються на деталі.

Комплектування деталей в умовах ремонтного виробництва має свої особливості: складальні одиниці можуть комплектуватися не тільки деталями з нормальними розмірно-точнісними параметрами, заданими основним (робочим) кресленником, що має місце під час виготовленні деталей, але й деталями ремонтних розмірів, а також деталями частково зношеними з параметрами, допустимими під час ремонту.

У невеликих ремонтних майстернях застосовують також індивідуальне відбирання деталей, яке забезпечує нормативне значення зазору у спряженні, наприклад поршень – циліндр.

Під час комплектування виконують підгінні операції, наприклад, обробку внутрішньої поверхні втулки верхньої головки шатуна (після запресування у шатун) під розмір поршневого пальця.

Отже, у ремонтному виробництві повна взаємозамінність зберігається тільки для складання із деталей з нормальними параметрами (нові або відновлені). Із таких деталей деякі спряження складаються селективним методом, тобто методом неповної взаємозамінності (поршень – гільза, поршень – палець тощо). Для деталей ремонтних розмірів (нових або відремонтованих) взаємозамінність зберігається лише у межах ремонтного розміру (категорійного). Деталі зношені, але з допустимими під час ремонту параметрами, у більшості спряжень втрачають свою взаємозамінність. Тому процес

складання машин може здійснюватися методами повної і неповної взаємозамінності, зокрема – методами селективного складання, а також із використанням регулювальних пристроїв – компенсаторів (регулювання клапанів, конічних підшипників (вальниця за ДСТУ 3321-2003) кочення, конічних шестерень тощо) і підгінних операцій (розвірчування втулок верхньої головки шатуна тощо). Підгінні операції трудомісткі і мають бути мінімальними, особливо в умовах спеціалізованих підприємств.

Деталі деяких спржень, які мають допустимі під час ремонту розміри, втрачають свою взаємозамінність і повинні надходити на складання нерозкомплектованими.

Питома вага того чи іншого методу складання залежить від типу і марки машин, що ремонтуються, програми і оснащеності ремонтного підприємства.

Розглянуті особливості складання під час ремонту машин вимагають організації процесу комплектування деталей і вузлів не тільки за їх номенклатурою (специфікацією або комплектувальними відомостями), як це має місце у виробництві нових машин, але й із урахуванням неповної взаємозамінності і навіть її відсутності.

Під час комплектування складальних одиниць користуються комплектувальними картами або специфікаціями, наведеними у картах технологічного процесу на складання.

У процесі комплектування деталі укладають у тару (для цієї складальної одиниці), яка надходить на відповідні місця складання. Тара може переміщуватися на спеціальних рухомих візках або у контейнерах, підвішених до підвісного конвеєра.

### **Складання вузлів, агрегатів і машин.**

Складання вузлів, агрегатів і машин – це низка послідовних операцій із складання окремих з'єднань, якість яких визначають такі основні фактори:

- ретельність очищення, миття, обдування стиснутим повітрям деталей, що надходять на складання;
- відповідність геометричних параметрів і маси, шорсткості поверхонь, незрівноваженості деталей і вузлів параметрам, заданим нормативно-технічною документацією;
- відсутність розкомплектування спржених деталей, зазна-

чених у документації (у випадку заміни однієї з деталей виконується відповідне підбирання і припасування);

➤ якість виконання комплектувальних робіт, застосування на складанні відповідного обладнання, пристроїв та інструментів, які забезпечують задану якість складання з'єднань;

➤ дотримання регламентованих технологічних режимів, інструкцій і вимог до складання з'єднань;

➤ використання під час складання, рекомендованих матеріалів, ущільнювальних і стопорних елементів тощо.

Всі стадії складання виконують відповідно до технологічних процесів на складання. Інструмент і обладнання аналогічні тим, які застосовують під час розбирання.

Складання нарізних з'єднань (шпильок, гайок, болтів, гвинтів) становить 25-35 % загальної трудомісткості складальних робіт.

Під час складання різьбових з'єднань повинні забезпечуватись:

➤ співвісність осей болтів, шпильок, гвинтів та нарізних отворів і необхідна щільність посадки у нарізі;

➤ відсутність перекосів торця гайки або головки болта відносно поверхні спряженої деталі, оскільки перекос є основною причиною відривання гвинтів і шпильок;

➤ дотримання послідовності і стабільності зусиль затягання групи гайок (головка циліндрів тощо).

Складання нерухомих з'єднань. Якість складання пресових з'єднань формується під впливом таких факторів: матеріалу спряжених деталей, геометричних розмірів, форми і шорсткості поверхні, співвісності деталей і прикладеного зусилля заpresування, наявності мастила тощо.

Шорсткість поверхонь у нерухомих спряженнях не повинна перевищувати  $R_a = 2,5-1,25$  мкм, бо виникне зминання нерівностей і зменшиться натяг.

Під час складання спряжень великими натягами охоплюючи деталь нагрівають, а охоплену – охолоджують. Температуру нагрівання або охолодження визначають за формулою:

$$T = (1,2 - 1,3) \cdot 10^{-3} \frac{N}{\alpha d}, \quad (1)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу деталі;

$N$  – натяг у спряженні, мкм;

$d$  – номінальний діаметр спряжених деталей, мм.



Температура нагрівання не повинна перевищувати 500 °С, щоб деталь не втратила початкову міцність. Перед запресуванням деталь нагрівають в оливі, розплавленому свинці або відкритим способом, а охолоджують зрідженими газами, повітрям, азотом або сухим льодом.

Під час запресовування підшипників кочення за допомогою оправок потрібно, щоб зусилля запресовування передавалося безпосередньо на торець відповідного кільця: внутрішнього – під час напресовування на вал, зовнішнього – у корпус і на обидва торці кільця, якщо підшипники напресовуються на вал і входять у корпус. Для полегшення напресовування підшипника, його нагрівають в оливі до температури 80-100°С.

Складання зубчастих передач. Працездатність зубчастих передач визначають геометричною точністю зубчастих коліс і зачеплення (боковий зазор, форма, площа і положення плями контакту зубів). Ці фактори залежать від стану корпусних деталей, точності посадочних отворів, міжосьової відстані, непаралельності осей тощо.

Точність складання більшості зубчастих передач забезпечується методом повної взаємозамінності, тобто точністю геометричних параметрів спряжених зубчастих коліс і корпусної деталі.

Тому зубчаті колеса і корпусні деталі повинні відповідати точності, заданій технічною документацією.

Бокові зазори між зубами вимірюють індикатором або щупом, а для зубчастих зачеплень із великим модулем – свинцевою пластиною, прокотивши її між зубами і виміривши її товщину. У випадку незмінної центральної відстані боковий зазор у зачепленні вимірюють індикатором (рис. 1) і визначають за формулою:

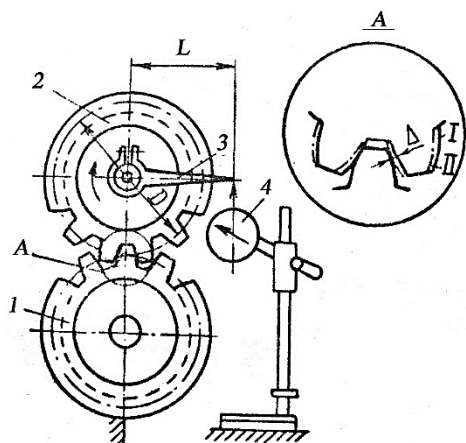


Рис. 1 – Контроль бокового зазору в зачепленні циліндричних зубчастих коліс:

- 1 – нижня шестірня;
- 2 – зубчасте колесо;
- 3 – хомут;
- 4 – індикатор;
- I-II – положення, зубчастого колеса

$$\Delta = \frac{D}{2L} h, \quad (2)$$

де  $D$  – діаметр початкового кола зубчастого колеса, мм;  
 $L$  – довжина плеча, мм;  
 $h$  – покази індикатора, мм.

Прилягання (взаємний контакт) робочих поверхонь зубчастих коліс перевіряють «на фарбу». Для цього робочі поверхні шестерні покривають фарбою і кілька разів повертають зубчасті колеса у різні боки. Форма і розміщення відбитка свідчать про якість контакту робочих поверхонь (рис. 2). Точність складання конічних і гіпоїдних зубчастих передач забезпечується регулюванням за допомогою компенсаторів – набору регулювальних шайб, кілець, прокладок або гайок.

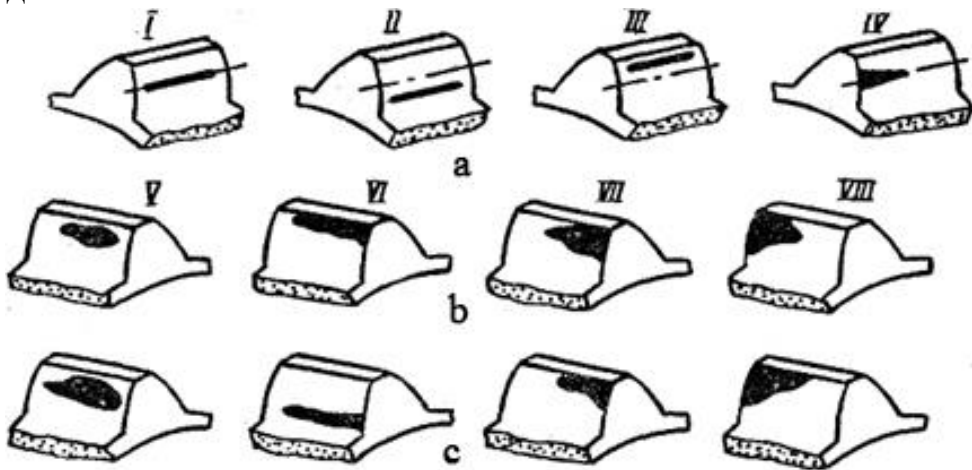


Рис. 2 – Перевірка правильності контакту зубчастих коліс «на фарбу»: а – циліндричних; б – конічних зубів ведучої шестірні; с – конічних зубів веденої шестірні; I – нормальна міжцентрова відстань; II – зменшена; III - збільшена, IV – перекіс осей; V – нормальне зачеплення; VI, VII, VIII – неправильне зачеплення

Складання шпонкових і шліцьових з'єднань. Застосовують три основні види шпонкових з'єднань – з призматичною (звичайною), сегментною і клиноподібною шпонками. Під час складання шпонкових з'єднань перших двох видів особливу увагу приділяють припасуванню шпонки за торцями і зазором за її зовнішнім боком. Оскільки через торці шпонок передаються крутні моменти, вони повинні бути дуже точно підігнані за шпонковим пазом спряженої деталі. Клиноподібні шпонки повинні входити у пази спряжених деталей за висотою, між боковими гранями має бути зазор.

Під час складання нерухомих шліцьових з'єднань (натяг 0,03-0,04 мм) охоплюючи деталь, шестерню, нагрівають до 90-120°C, а потім запресовують на вал до упору. У випадку рухомої посадки шестерні на шліцьовому валу вона повинна вільно переміщуватися по валу без заїдань.

Складання конусних з'єднань виконують, звертаючи особливу увагу на прилягання конусних поверхонь. Тому його починають із підбирання охоплюючої деталі за конусом валу, перевіряючи якість спряження «на фарбу», на кочення і за глибиною посадки на валу. Конусні з'єднання складають таким чином, щоб між торцями охоплюючої і охоплюваної деталей залишався зазор для затягування з'єднання і наступного його підтягування.

### **Балансування деталей і вузлів машин.**

Цій операції підлягають вироби із значними обертальними масами і великими кутовими швидкостями (колінчасті вали з маховиками, карданні вали, молотильні барабани тощо).

Внаслідок механічної незрівноваженості деталей виникають додаткові динамічні зусилля, які діють на підшипники та інші опори деталей. Все це призводить до вібрацій і, як наслідок, прискореного зношування спряжень і руйнування деталей. Для зрівноваження обертального тіла слід виконати дві умови: центр мас має знаходитися на геометричній осі обертання; вісь обертання – бути головною віссю інерції.

Ці умови витримують під час проектування і виготовлення машин, проте у процесі експлуатації, через зношування і деформації деталей, а також ремонтні впливи, порушуються умови зрівноваження. Тому обертальні елементи ремонтваних об'єктів повинні бути обов'язково збалансованими.

Розрізняють статичну і динамічну незрівноваженість (балансування). Статична незрівноваженість деталі – це незбігання її центра тяжіння з віссю обертання. Наприклад, якщо до ідеально (теоретично) зрівноваженого тіла (рис. 3 а) на відстані  $R_H$  від центра обертання  $O$  прикріпити тягарець масою  $m_H$ , то центр тяжіння його зміститься у бік вантажу. Виникає статична незрівноваженість, яка під час обертання тіла викликає дію відцентрової сили:

$$P_H = m_H R_H \omega^2, \quad (3)$$

де  $\omega$  – колова швидкість тіла.

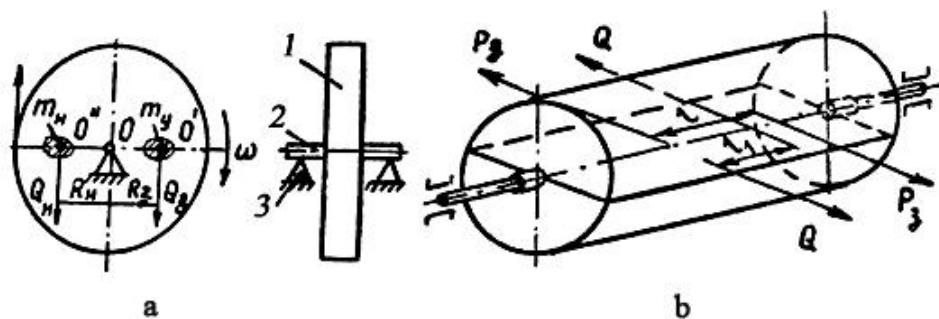


Рис. 3 – Схема зрівноваження деталей під час балансування:  
 а – статичного; б – динамічного; 1 – деталь; 2 – оправка; 3 – опора

Для усунення цього виду незрівноваженості застосовують статичне балансування деталей і вузлів. Деталь 1 насаджують на гладеньку, точно оброблену і зрівноважену оправку 2, яку встановлюють на паралельні, чітко горизонтальні опори з малим тертям (призми або підшипники). Під дією незрівноваженої маси, деталь довільно повернеться і встановиться так, що маса знаходитиметься у крайньому нижньому положенні. Виявивши місце концентрації незрівноваженої маси ( $O''$ ), необхідно у діаметрально протилежній точці ( $O'$ ) на відстані  $R_3$  прикріпити тягарець масою  $m_3$ . У цьому випадку деталь знаходиться в умовах рівноваги:

$$\Sigma M_o = Q_H R_H - Q_3 R_3 = 0 \quad (4)$$

Звідси маса зрівноваженого тягарця:

$$Q_3 = Q_H \frac{R_H}{R_3}, \quad (5)$$

Із наведеної залежності бачимо, що статична нерівноваженість не залежить від довжини, а тільки від діаметра деталі. Тому статичне балансування виконують для деталей (вузлів) з відносно великим діаметром і малою довжиною (маховики, шківки, диски тощо) шляхом знімання металу, вкручування штифтів, встановлення додаткових шайб, пересування спеціальних тягарців.

Динамічна незрівноваженість виникає, якщо вісь обертання (вузла) не збігається з головною віссю інерції. Під час обертання валу (рис.3, б) незрівноважені (за довжиною) маси викликають дію пари сил  $Ql_1$ , яка намагається повернути вісь валу на деякий кут, тобто зміщує головну вісь інерції відносно осі інерції. Зрівноважується момент цієї пари іншою парою сил, прикладеною у тій самій площині:

$$Ql_1 = P_3l, \quad (6)$$

де  $P_3$  – зовнішня зрівноважувальна сила;

$l$  – відстань (плече) пари зрівноважувальних сил.

Динамічному балансуванню підлягають деталі з великою довжиною і невеликим діаметром (колінчасті і карданні вали тощо). Динамічне балансування виконують на спеціальних балансувальних машинах.

### **Обкатування і випробування вузлів, агрегатів та машин.**

Обкатування і випробування об'єктів ремонту після складання – завершальні і особливо відповідальні операції ремонту. Обкатуванням досягають взаємного припрацювання тертьових поверхонь деталей для підготовки їх до роботи з нормальним робочим навантаженням.

Припрацювання спряжених деталей характеризується зміною геометрії поверхонь тертя і фізико-механічних властивостей шарів матеріалу у початковий період.

Основне припрацювання спряжених поверхонь виникає у перші 2-3 години і закінчується для двигунів через 50-60 год, а для агрегатів трансмісії – через 100-120 год. Його виконують за два етапи: перший – обкатуванням на ремонтному підприємстві і другий – обкатуванням в експлуатаційних умовах під час роботи з неповним навантаженням.

Обкатування вузлів, агрегатів і машин (масляного і паливного насосів, гідронасоса, коробки передач, ведучих мостів тощо) на ремонтному підприємстві виконують на спеціальних стендах, на яких створюють попередньо задані режими роботи. Тривалість і режими обкатування встановлюються нормативно-технічною документацією. Обкатування в експлуатаційних умовах виконують відповідно до вказівок інструкції з експлуатації машини цієї марки.

Випробування – це контрольна операція, яка оцінює якість ремонту. Під час випробування визначають основні показники роботи об'єктів ремонту. Випробування виконують після достатнього припрацювання поверхонь тертя на режимах, які не викличуть руйнування поверхонь від перевантаження. У період обкатування і випробування виявляють дефекти, допущені під час складання, а також перевіряють і регулюють деякі механізми (зазор між клапаном і штовхачем, момент впорскування у паливному насосі тощо).

## Фарбування машин.

Фарбування машин та їх складових частин – це створення лакофарбових покриттів (ЛФП) на металевих і дерев'яних поверхнях для захисту їх від впливу навколишнього середовища, корозії металу і гниття деревини, а також для декоративного оформлення виробів і забезпечення їх відповідності вимогам технічної естетики.

Нанесення на поверхню виробу лакофарбових покриттів є одним із відносно простих і дешевих способів боротьби з корозією.

Від якості фарбування залежить термін служби машини, а також її товарний вигляд. Захист поверхні фарбуванням може бути надійним лише за умови суцільного, міцного шару покриття, що не має яких-небудь пошкоджень.

Стійкість лакофарбових покриттів, тобто надійність фарбування, залежить від зовнішніх факторів, що спричиняють руйнування фарбового шару, а також від рівня технологічного процесу фарбування.

Фарбування рекомендується проводити в приміщеннях, спеціальних камерах або на витяжних ґратах, захищених від потрапляння пилу, бруду і вологи. Температура повітря в приміщенні має бути не нижче 15°C; відносна вологість – не вище 70%. Відновлюючи лакофарбові покриття, слід враховувати особливості раніше нанесених лакофарбових матеріалів. Підготовка до фарбування полягає у видаленні з поверхні деталей (виробів) окалини, іржі, знятті старої фарби, зачистці, знежиренні і сушінні. Дефекти поверхонь (вм'ятини, подряпини і ін.) усувають зачищенням ручними, електро- і пневмошліфувальними машинками.

Поверхні облицювання, що мають вм'ятини та інші дефекти, мають бути відрихтовані і виправлені, за потреби – зашпакльовані.

Внутрішні поверхні деталей обшивки і складальні одиниці, що не піддаються прямій дії атмосферних опадів, сонячних променів і вітру, мають бути пофарбовані емаллю в один шар по ґрунту або двома шарами емалі. Зовнішні поверхні складальних одиниць, що піддаються прямій дії атмосферних опадів, сонячних променів і вітру, мають бути пофарбовані емаллю в два шари по ґрунту.

Поверхні деталей, що не підлягають фарбуванню, мають бути ізольовані заглушками, поліетиленовими чохлами, полімерними інгібірованими покриттями, що знімаються, або парафінованим папером. Поверхні, що труться і не підлягають фарбуванню мають бути

змащені солідолом.

Технологічний процес фарбування повинен відбуватися за такою схемою: нанесення шару ґрунту відповідної в'язкості товщиною 15мкм (для поверхонь, не оброблених ґрунтом-модифікатором), сушіння, шпаклювання (при необхідності), сушіння, шліфування наждачним папером вручну або за допомогою спеціальної шліфувальної машини (при необхідності), нанесення першого шару фарби, сушіння, нанесення другого шару фарби (при необхідності), сушіння.

Загальна товщина лакофарбового покриття в середньому має становити 100 мкм. При збільшенні товщини шару прискорюється руйнування покриття внаслідок вібрації пофарбованих поверхонь і різких температурних коливань. Шар меншої товщини швидше зношується і не забезпечує захисту пофарбованої поверхні від корозії.

Основу технології фарбування машин, вузлів і деталей становить підготовка поверхонь до фарбування і виконання операцій послідовного нанесення шарів лакофарбових покриттів. Агрегати і деякі інші складові частини машин (двигун, мости, рама тощо) фарбують до установки їх на машину. Кабіну, капоти і інші зовнішні складові частини машин заздалегідь ґрунтують, а потім проводять двошарове фарбування і обробні роботи – нанесення надписів, наклеювання декалькоманії тощо.

Вибираючи той або інший метод підготовки поверхні до фарбування, слід враховувати розміри і масу виробу, його форму, а також характер забруднень, умови експлуатації, тип виробництва і техніко-економічну доцільність.

Мінімальна товщина лакофарбового покриття повинна на 20% перевищувати максимальну висоту мікронерівностей. Величина шорсткості поверхні, допустима для фарбування, не повинна перевищувати 40 мкм. Шорсткіша поверхня призводить до підвищеної витрати лакофарбових матеріалів, при цьому термін служби покриття не збільшується.

Вибираючи метод підготовки поверхні під фарбування слід мати на увазі такі обставини:

➤ найбільш поширеними і часто вживаними є механічні і хімічні (фізико-хімічні) методи підготовки поверхні. Термічні й електричні методи використовуються рідше через їх значну енергоємність;

- дробоструменевий і дробометний методи обробки допускається застосовувати для поверхонь з товщиною стінки не менше 3мм, а газополуменевий – при товщині стінки не менше 6мм;
- вибираючи хімічних методів підготовки поверхні слід враховувати можливість організації процесу нейтралізації відпрацьованих травильних розчинів і стоків;
- після травлення необхідно ретельно змити з поверхні виробу залишки солей і кислот;
- для травлення сталевого прокату із зварними з'єднаннями допускається використання розчинів фосфорної кислоти;
- для знежирення алюмінію не допускається застосовувати сильнолужні (рН=12-14) розчини;
- зварні шви при всіх методах обробки мають бути додатково зачищені і захищені фосфатовими та іншими ґрунтовками;
- під час фосфатування виробів із зварними з'єднаннями необхідно контролювати характеристики міцності зварних швів.

Для утворення захисних, декоративних і електроізоляційних покриттів на виробах використовують, як правило, декілька лакофарбових матеріалів. Таке поєднання послідовно нанесених лакофарбових матеріалів різного цільового призначення називають системою покриттів.

Основними шарами лакофарбового покриття є: ґрунтувальний, який наносять безпосередньо на підготовлену поверхню; шпаклювальний, який наносять на шар ґрунтовки для вирівнювання поверхні і заповнення пор; покривний шар, що утворюється після нанесенні покривних матеріалів (емалі, фарби, лаки).

Вихідними компонентами під час виготовлення лакофарбових матеріалів є: плівкоутворюючі речовини (природні і синтетичні смоли, рослинні олії); леткі рідини органічного походження, розчинювальні жири і смоли (розчинники); фарбувальні речовини мінерального походження й органічні барвники (пігменти); пластифікатори; наповнювачі (крейда, каолін, тальк, барит). Крім того, до складу лакофарбових матеріалів можуть входити отверджувачі, каталізатори, сикативи, ініціатори і прискорювачі полімеризації, а також емульгатори.

Всі лакофарбові матеріали класифікують за трьома ознаками:

- за видом: лаки, фарби, порошкові фарби, емалі, ґрунтовки, шпаклівки;
- за хімічним складом смол, масел, ефірів целюлози, що



входять у плівкоутворюючі речовини: гліфталеві (ГФ), пентафталеві (ПФ), меламінні (МЛ), сечовинні (МЧ), фенольні (ФЛ), епоксидні (ЕП), алкідно- і масляностирольні (МС), поліуретанові (УР), нітроцелюлозні (НЦ), перхлорвінілові (ХВ), кремнійорганічні (КО), бітумні (БТ) та інші;

➤ за переважним призначенням, тобто стосовно умов експлуатації лакофарбових покриттів: атмосферостійкі (позначення – 1), обмежено атмосферостійкі (2), водостійкі (4), спеціальні (5), маслобензостійкі (6), хімічно стійкі (7), термостійкі (8), електроізоляційні (9), ґрунтовки (0), шпаклівки (00).

Вибираючи лакофарбовий матеріал для того або іншого покриття, керуються не тільки захисними, але і технологічними властивостями матеріалу, тобто можливістю нанести його тим або іншим методом на поверхню виробу, режимами сушіння і так далі.

Покривний матеріал вибирають залежно від умов експлуатації і необхідного зовнішнього вигляду виробу. Тип ґрунтовки вибирають з урахуванням особливостей металу, який необхідно пофарбувати, покривного матеріалу і умов експлуатації виробу; шпаклівки вибирають залежно від типу ґрунтовки і покривного матеріалу; кількість покривних шарів вибирається залежно від призначення системи покриття і умов експлуатації виробу.

Вибір того або іншого покриття (системи покриттів) для поверхонь виробу і виконання технологічного процесу фарбування багато в чому залежать від властивостей лакофарбових матеріалів і вживаного методу нанесення покриття.

Існують такі методи нанесення лакофарбових матеріалів на поверхню виробу: пневматичним розпиленням (найбільш поширений), електроосадженням, розпиленням в електричному полі, струменевим обливом, зануренням, валиками, щіткою, шпателем та іншими методами.

Фарбування пневматичним розпиленням. Суть цього методу полягає в тому, що лакофарбовий матеріал розпилюється стислим повітрям на найдрібніші частинки і рівномірним шаром наноситься на поверхню виробу.

Метод нанесення лакофарбових покриттів пневматичним розпиленням дозволяє фарбувати вироби складної конфігурації і будь-яких габаритних розмірів за досить високої продуктивності процесу. До недоліків методу належать: втрати на туманоутворення від 20 до 25% і, як наслідок, значні питомі витрати фарбувальних

матеріалів; потреба застосування спеціальних фарбувальних камер із пристроями для витяжки і очищення повітря, що викидається в атмосферу, забрудненого фарбовим туманом; небезпека що до пожежі.

Пневматичне розпилення застосовують без нагрівання і з нагріванням.

Метод розпилення без нагрівання дозволяє наносити лакофарбові матеріали на основі майже всіх видів плівкоутворювачів і застосовується під час фарбування виробів різної конфігурації (за винятком виробів з внутрішніми порожнинами).

Установка для пневматичного розпилення складається з компресора (якщо відсутня централізована лінія подачі стислого повітря), масловологовідокремлювача, бака з редуктором і перемішувальним пристроєм, шлангів для подавання стислого повітря і фарби, фарборозпилювача.

Для пневматичного розпилення лакофарбового матеріалу і нанесення його на поверхню застосовують фарборозпилювачі середнього тиску (0,25-0,55МПа) і низького тиску (до 0,15МПа). Фарборозпилювачі низького тиску у виробничих умовах практично не використовують.

Основною частиною фарборозпилювачів є розпилювальна головка, забезпечена двома трубками із спільною віссю (рис.4).

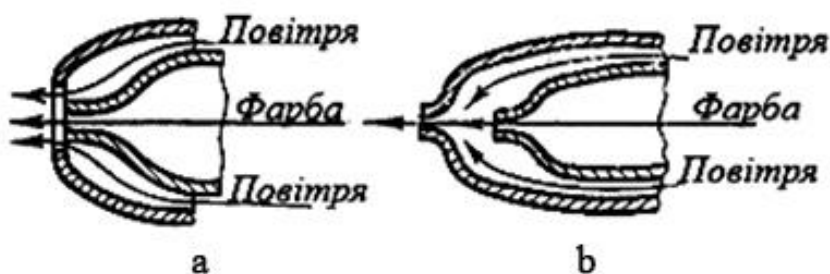


Рис. 4 – Схеми розпилювальних головок:

а – зовнішнього змішування; б – внутрішнього змішування

Існують різні за конструкцією розпилювальні головки, які формують струмінь факела фарбування різної конфігурації (рис. 5). Струмінь факела з круглим відбитком створює розпилювальна головка, що має сопло з круглим отвором, який співісний трохи виступаючому із нього матеріальному соплу. Головки такого типу застосовують для фарбування складних рельєфних поверхонь і дрібних виробів.

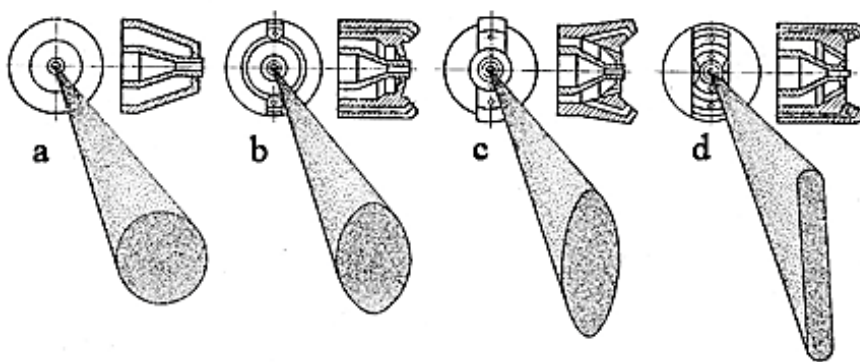


Рис. 5 – Розпилювальні головки пневмофарборозпилювачів, форми струменя і відбитки факелів: а – головка без додаткових отворів; б – головка із двома додатковими отворами; с – головка із чотирма додатковими отворами; d – головка із вісьма додатковими отворами

На рис. 6 показано пневматичний розпилювач середнього тиску зовнішнього розпилювання. Стисле повітря подається до каналу рукоятки через штуцер 4. Лакофарбовий матеріал надходить з ємності 3, а в разі фарбуванні великих поверхонь – з фарбонагнітального бака через штуцер 7. За слабого натиснення на гачок 5, голка 6 відходить назад і при цьому відкриває повітряний клапан, що знаходиться у верхній частині рукоятки фарборозпилювача. Стисле повітря через канал і клапан регулювання подачі повітря потрапляє в систему розподільної і кільцевих камер, а також повітряних отворів. За подальшого натиснення на керуючий гачок, кінець голки 6 відкриває отвір матеріального сопла 1 із гайкою 2 для подавання і розпилення лакофарбового матеріалу.

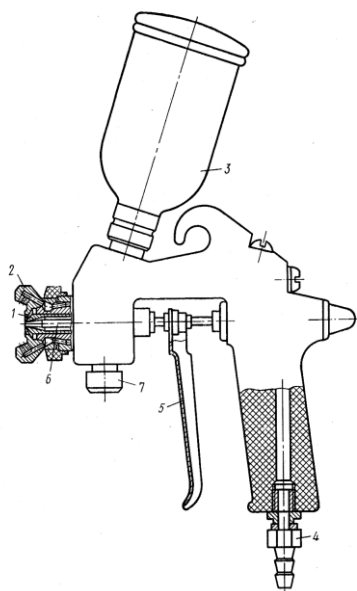


Рис. 6 – Фарборозпилювач КРУ-1

Під час використання фарборозпилювачів деяка частина лакофарбового матеріалу не долітає до поверхні фарбуємого виробу або відбивається від неї, утворюючи туман з частинок фарби. Що

більше витрата повітря на розпилення, що вище його тиск, то більше втрати лакофарбового матеріалу.

Фарбування пневматичним розпилюванням з нагріванням лакофарбового матеріалу. Підігрів лакофарбових матеріалів застосовують для зниження їх в'язкості. Як результат підігріву, лакофарбові матеріали стають рідшими і відпадає необхідність у розбавленні їх дорогими розчинниками, або потреба в них знижується. Шар лакофарбового матеріалу, що наноситься в підігрітому стані, товще за шар, який наносять без підігрівання, тому скорочується кількість шарів покриття і підвищується продуктивність процесу фарбування.

Ступінь падіння в'язкості в результаті нагріву залежить від плівкоутворюючого компонента, що входить до складу лакофарбового матеріалу. Тому, для окремих груп лакофарбових матеріалів, рекомендується різна оптимальна початкова в'язкість. На рис. 7 вказано температуру лакофарбового матеріалу під час розпилювання на різних відстанях від фарборозпилювача.

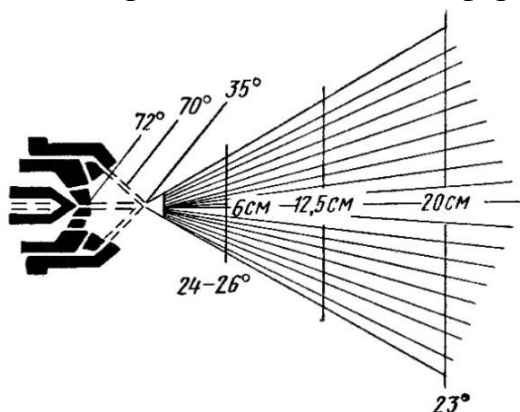


Рис. 7 – Схема зміни температури лакофарбового матеріалу під час розпилювання на різних відстанях від фарборозпилювача

У разі розпилювання з нагрівом, температура лакофарбового матеріалу не опускається нижче за температуру повітря в робочому приміщенні на відміну від розпилювання без нагрівання, при якому температура факела біля поверхні виробу яку фарбують на 10-15°C нижче за початкову температуру розпилюваного матеріалу.

За корозійною стійкістю і своїми фізико-механічними властивостями покриття, отримані із підігрівом матеріалу, за однакової товщині плівки, не поступаються покриттям з тих самих матеріалів, нанесених без підігрівання і розведених розчинником до робочої в'язкості.

Підігрітий лакофарбовий матеріал, що наноситься на фарбу-

єму поверхню товстим шаром, має кращу текучість, а також збільшується глянець покриття і усувається можливість конденсації вологи.

Для нанесення нагрітих лакофарбових матеріалів застосовують установки гарячого фарбування.

Фарбування безповітряним розпилюванням з нагрівом і без нагріву лакофарбового матеріалу. Для фарбування безповітряним розпилюванням із нагрівом лакофарбові матеріали нагрівають до 50-100°C і спеціальним насосом подають до розпилювального пристрою під тиском 6-8 МПа. Нагрів лакофарбового матеріалу знижує його поверхнєве натягнення і в'язкість, а у поєднанні з високим тиском забезпечує можливість розпилювати матеріали значної в'язкості. Факел розпилювання формується за рахунок перепаду тиску на виході лакофарбового матеріалу з сопла розпилювача і подальшого миттєвого випаровування частинок нагрітого розчинника, що супроводжується значним його розширенням. На виході з сопла відбувається дроблення лакофарбового матеріалу на найдрібніші частинки (утворення аерозолу), які, долаючи опір повітря, втрачають свою швидкість і осідають на фарбуєму поверхню.

Фарборозпилювач для нанесення покриттів безповітряним

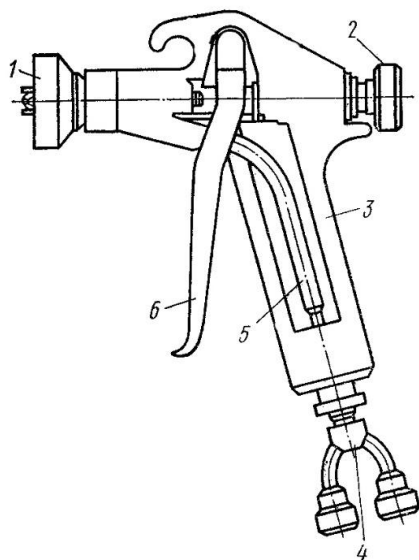


Рис. 8 – Схема фарборозпилювача високого тиску

розпилюванням із нагрівом лакофарбового матеріалу представлений на рис. 8. Основними частинами фарборозпилювача є корпус 3, розпилювальна головка 1, регулююча втулка 2, поворотний пристрій 4, фарбопровід 5 і спусковий гачок 6.

Під час фарбування безповітряним розпилюванням без нагріву лакофарбовий матеріал при 18-23°C подається до розпилювального пристрою під тиском 10-25 МПа.

Методом безповітряного розпилювання без нагріву можна наносити всі основні групи

лакофарбових матеріалів (за аналогією з пневматичним розпилюванням) із робочою в'язкістю до 50с за ВЗ-4 при 18-23°C і отримувати покриття товщиною до 35-40 мкм за одну технологічну операцію.

Фарбування в електричному полі високої напруги. Метод електрофарбування заснований на перенесенні заряджених часток фарбувального матеріалу в електричному полі високої напруги, що утворюється між двома електродами, одним із яких є коронувальний фарборозпилювальний пристрій, а іншим – фарбований виріб. До фарборозпилювача підводять високу напругу (зазвичай, із позначкою “-“), а виріб заземляють. Фарбувальний матеріал подають на коронувальну кромку фарборозпилювального пристрою, де він набуває заряду із позначкою “-“, і тоді розпилюють під дією електричних сил. Потім, заряджені частинки лакофарбового матеріалу силовими лініями поля, прямують до заземленого виробу і осідають на його поверхні.

Метод застосовують, зазвичай, для фарбування металевих виробів відносно простої конфігурації як на стаціонарних установках, так і ручними електророзпилювачами.

Для розпилювання в електричному полі придатні лакофарбові матеріали з питомим об'ємним опором  $P_v=10^6 \dots 10^7$  Ом·см і діелектричною проникністю  $\epsilon = 6 \dots 10$ . Якщо значення  $P$  і  $\epsilon$  виходять за вказані межі, їх можна скорегувати додаванням відповідних розчинників, розбавивши до робочої в'язкості.

### **Сушіння і контроль якості лакофарбових покриттів.**

Сушіння лакофарбових матеріалів є процесом переходу плівки з рідкого в склоподібний стан.

Сушіння лакофарбових покриттів може бути природним (холодне сушіння) або штучним (гаряче сушіння).

Сушіння лакофарбових покриттів називається природним, якщо його проводять у робочому приміщенні або на відкритому майданчику за температури 15-20°C. Якщо нанесені на вироби лакофарбові матеріали сушать у сушильних пристроях за підвищеної температури, то сушіння називається штучним. Існує три основні способи штучного сушіння: конвекційний, терморадіаційний і індукційний.

За конвекційним способом сушіння тепло передається виробу під час безпосереднього контакту плівки фарби з гарячим повітрям

(рис. 9); випаровування розчинників починається з поверхні покриття з утворенням зовнішньої твердої плівки 1, внаслідок чого ускладнюється вихід летких речовин з нижніх шарів фарби 2, а це може призвести до утворення пор і тріщин покриття. Тому виріб слід нагрівати з малою швидкістю для рівномірного випаровування розчинників і отримання якісного лакофарбового покриття.

У простих за конструкцією, конвекційних сушильних камерах свіже повітря, нагріте калорифером, надходить до камери, віддає частину тепла фарбованій поверхні і вентилятором видаляється із камери. При цьому гаряче повітря використовується не ефективно, багато тепла виноситься у повітропровід.

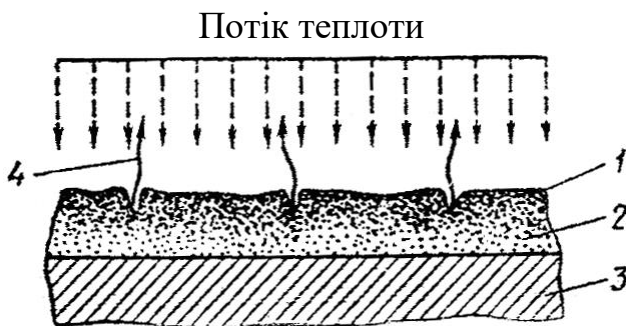


Рис. 9 – Схема конвекційного способу сушіння лакофарбових покриттів:

- 1 – тверда плівка;
- 2 – неусохлий шар;
- 3 – виріб;
- 4 – пари розчинника

За терморадіаційного способу сушіння виріб нагрівають інфрачервоними променями. Їх джерелами служать дзеркальні лампи розжарювання потужністю 250 і 500 Вт, а також трубчасті і панельно-плиткові випромінювачі. Випромінювання проникає в лакофарбове покриття на деяку глибину і сприяє виникненню джерела тепла у середині покриття.

Швидкість подачі теплоти від джерела інфрачервоних променів до поверхні велика і теплота майже не витрачається на нагрівання навколишнього повітря. Оскільки теплота підводиться до покриття від поверхні виробу 2 (рис. 10), то температура шарів покриття, дотичних із металевою поверхнею, вища за температуру зовнішніх шарів. Тому розчинник спочатку випаровується із нижнього шару 4, який висихає першим. По мірі нагріву лакофарбового покриття на всій товщині випаровування розчинників відбувається інтенсивніше у верхніх шарах і поступово доходить до зовнішнього шару, що твердіє останнім.

Спосіб терморадіаційного сушіння рекомендується як для по-

кривних емалей, так і для ґрунтовок, які добре пропускають енергію інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі до 6мкм.

Терморадіаційно-конвекційний спосіб сушіння полягає в нагріві виробу терморадіаційним і конвекційним способами, що дозволяє ефективно сушити як зовнішні поверхні виробу, що опромінюються інфрачервоними променями, так і недоступні інфрачервоним променям ділянки поверхні виробу. Цей спосіб також застосовують для одночасного сушіння в одній камері виробів різної конфігурації і габаритних розмірів.

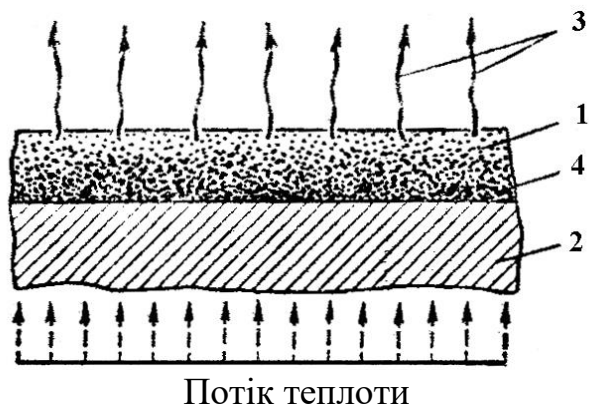


Рис. 10 – Схема терморадіаційного способу сушіння лакофарбових покриттів:

1 – неусохлий шар;

2 – виріб;

3 – пари розчинника;

4 – нижній висохлий шар

За індукційного способу сушіння струмами високої частоти металевий виріб поміщають в змінне магнітне поле. При цьому, у виробі індуються вихрові струми, які, зрештою, нагрівають його зсередини. Нанесений на поверхню виробу лакофарбовий шар також нагрівається. Процес сушіння індукційним способом відбувається так само швидко, як і за терморадіаційного способу.

Контроль якості лакофарбових покриттів. Якість покриття контролюють за зовнішнім його виглядом (блиском, хвилястістю, видимими включеннями тощо) і товщиною покриття. Дуже тонкий шар лакофарбового покриття може пропускати вологу і гази, які сприяють передчасному руйнуванню поверхні виробу. Занадто товстий шар лакофарбового покриття легко розтріскується і відшаровується.

Для визначення товщини лакофарбового покриття використовують прилади, принцип дії яких ґрунтується на зміні сили тяжіння магніту до феромагнітної підкладочної пластини (поверхні деталі), залежно від товщини шару покриття.



## **Лекція № 6**

### **Основні способи відновлення деталей зварюванням і наплавленням**

#### **Класифікація складових частин технологічного процесу ремонту (відновлення) деталей.**

Дослідження вчених показали, що в вибракуваних машинах залишається деталей, придатних для експлуатації, до 45%, що підлягають відновленню – до 50%. Слід звернути увагу на те, що створення виробництв для відновлення деталей вимагає в 2-2,5 рази менше капітальних вкладень, ніж для виготовлення запасних частин. Важлива перевага – мала металоємність: необхідно в 20-30 разів менше металу, ніж для нових запасних частин. Відновлення деталей, як правило, виключає екологічно руйнівний енергоємний металургійний цикл виробництва. При цьому відновлення 1 т деталей із сталі дає економію 180 кВт. год. електроенергії, 0,8 т вугілля, 0,5 т вапняку, 175 м<sup>3</sup> природного газу. Вартість відновлених деталей становить 30-50% вартості нової деталі.

Основною особливістю дефектів, які виникають внаслідок зношування, є необхідність компенсації (відновлення) зношеного поверхневого шару. При цьому загалом технологічний процес за своїм призначенням повинен складатися з трьох технологічних частин: компенсації (відновлення) зношеного поверхневого шару; відновлення розмірно-точносних характеристик; зміцнення відновленого поверхневого шару.

Під час усунення дефектів, не пов'язаних з тертям, технологічні процеси також поділяються за своїм умовним призначенням (рис. 1).

Кожну із складових технологічного процесу класифікують за технологічними способами. Наведені складові частини технологічного процесу і відповідні їм способи виконання частіше за все пов'язані між собою, але може бути варіант, коли застосовується тільки одна складова процесу, наприклад компенсація зносу опорного котка трактора електрошлаковим наплавленням. Послідовність переходу технологічного процесу від однієї його частини до другої для парних деталей може бути різною.

Фізико-металургійні і технологічні основи зварювання. Зварюванням називають технологічний процес одержання нероз'ємного з'єднання твердих матеріалів через встановлення міжатомних зв'язків між зварювальними деталями.

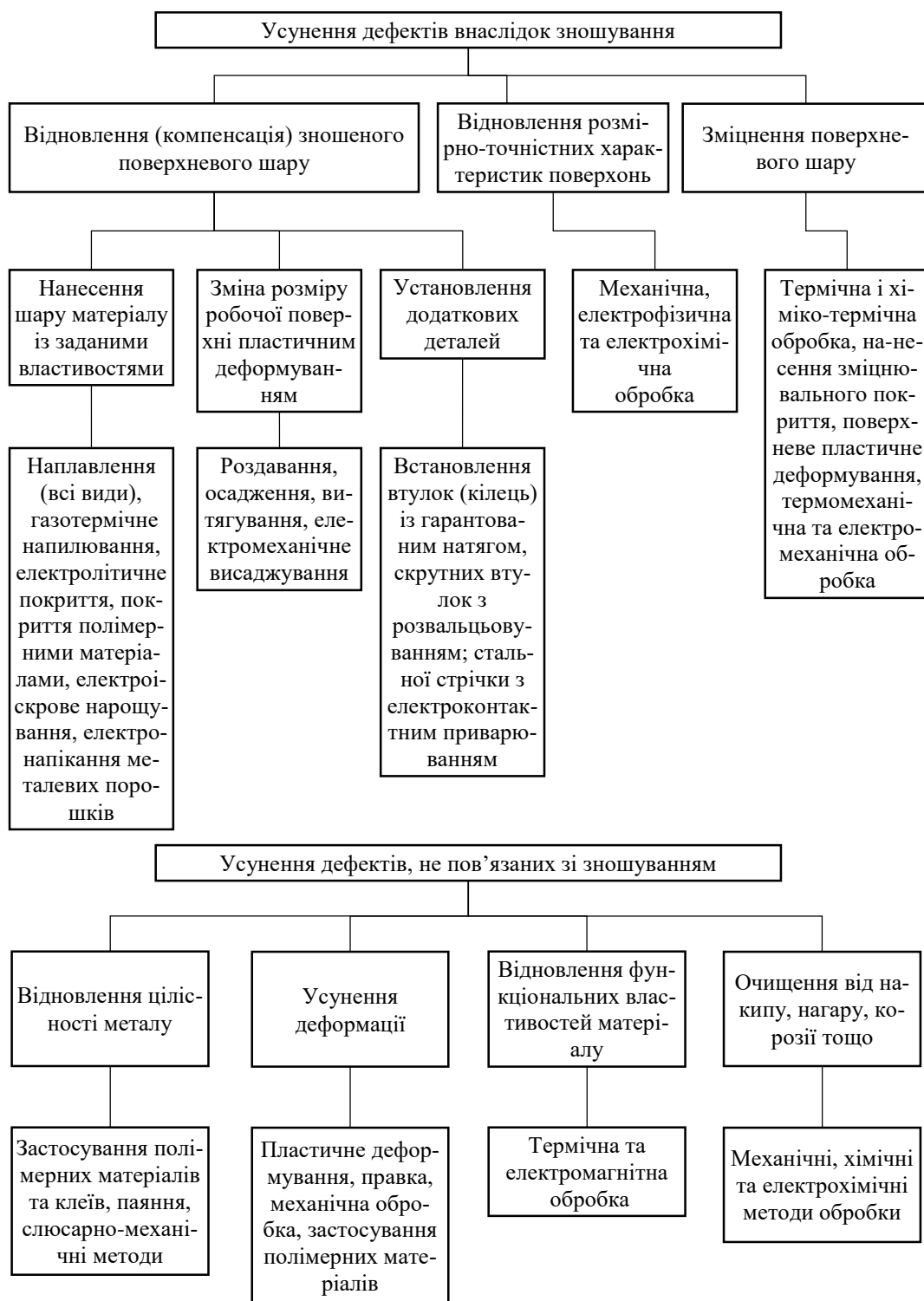


Рис. 1 – Класифікація складових частин технологічного процесу відновлення (ремонт) деталей

Для цього потрібно атоми матеріалу однієї деталі наблизити до атомів матеріалу другої деталі на відстані порядку  $10^{-10}$  м, яка приблизно дорівнює відстані між атомами матеріалу зварювальних деталей. У випадку такого наближення зовнішні електрони атомів утворюють загальну (колективну) електронну систему.

За кімнатної температури метали не з'єднуються навіть від стискання значними зусиллями. У випадку прикладання зусилля у декілька десятків тонн в окремих контактних точках виникають міжатомні зв'язки, але після знімання навантаження вони руйнуються за рахунок дії сил пружності. Що більша пластичність і менша твердість матеріалу, то нижчий питомий тиск, за якого можливе з'єднання деталей.

Загальноприйнятим способом зниження твердості і підвищення пластичності є нагрівання металу. Для одержання міцного зварювального шва метал, нагрітий до пластичного стану, осаджують (піддають пластичному деформуванню). Якщо температуру зварювальних деталей довести до температури плавлення, то процес проходить без осадження за рахунок сплавлення об'ємів розплавленого металу деталей у загальній зварювальній ванні.

Таким чином, залежно від способу зближення атомів, зварювальні процеси можна розділити на зварювання плавленням і пластичним деформуванням (тиском).

Наплавлення – різновид зварювання, яке полягає в нанесенні шару металу на поверхню деталі.

Зварювання і наплавлення металів класифікується за фізичними, технічними та технологічними ознаками.

Фізичні ознаки характеризують форму підведеної при зварюванні та напавленні енергії і дозволяють виділити три класи зварювальних процесів:

- термічний, який характеризується підведенням теплової енергії (дугова, газова, високочастотна, термітна, електрошлакова, плазмова, електронно-променева і лазерна);
- термомеханічний – поєднання підведення теплової і механічної енергії тиску (електроконтактна, дифузійна, газопресова, вибухом);
- механічний – з використанням механічної енергії (тертя, ультразвукової, холодної).

Технічні ознаки характеризуються способом захисту зони

зварювання від взаємодії з навколишнім середовищем, безперервності процесу і механізацією подачі та переміщення електрода відносно деталей.

Технологічні ознаки характеризують особливості технологічного процесу зварювання (дугове, газове, плазмове, лазерне тощо).

Під час вибору способу відновлення деталі слід враховувати умови її роботи, властивості матеріалу та процеси, які відбуваються під час утворення зварювального з'єднання.

Найважливішим, з огляду на кінцеві властивості виробу, є зміна хімічного складу, структури, властивостей матеріалу деталі і рівня внутрішніх напружень та деформацій у зоні з'єднання.

У зварювальному з'єднанні можна виділити три зони (рис. 2).

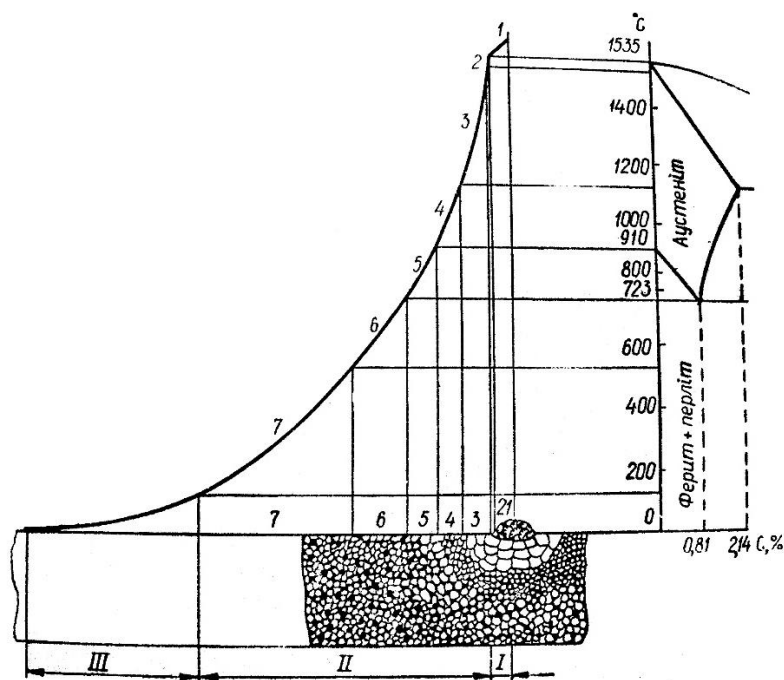


Рис 2 – Будова зварного з'єднання: I – зони шва і сплавлення; II – зона термічного впливу (перегрівання, перекристалізації й відпуску); III – зона механічного або термомеханічного впливу; 1 – рідкий стан металу; 2 – твердий стан; 3 – перегрівання; 4 – нормалізація (перекристалізація); 5 – неповна перекристалізація; 6 – рекристалізація; 7 – старіння

До I зони належать зони шва і сплавлення, де метал під час зварювання нагрітий до температури плавлення і знаходиться в рі-

дкому і твердо-рідкому стані. Ця зона характеризується зміною хімічного складу і будови матеріалу деталі за рахунок дифузійних процесів з металом присадного матеріалу, взаємодії з навколишнім середовищем, флюсом і особливостями кристалізації.

II зона – термічного впливу, включає зони перегрівання, перекристалізації і відпускання. У ній температура нагрівання достатня для перебігу фазових перетворень і рекристалізації основного металу. Характерним є утворення гартівних структур і відповідно схильність до утворення тріщин, особливо за значного вмісту у металі вуглецю і легуючих елементів.

На периферії цієї зони діє міжкристалічна корозія, яка відбувається при утворенні карбідів хрому на межах зерен. Схильність до виділення хрому знижується в разі додавання в присадний дріт титану, ніобію і цирконію.

III зона – механічного або термомеханічного впливу. Температура металу недостатня для перебігу процесів фазових перетворень і рекристалізації. Відбуваються зміни, викликані пластичною і пружною деформаціями металу під дією внутрішніх сил.

### **Газове зварювання і наплавлення.**

Газове зварювання і наплавлення – це один із універсальних способів ремонту деталей, бо дозволяє обробляти метали товщиною від десятих часток міліметра до десятків міліметрів. Газозварювальні процеси, розтягнуті у часі, легко контролюються зварником, що дозволяє навіть при відносно низькій його кваліфікації одержувати достатньо високу якість шва. Крім того, відносно низькі швидкості нагрівання і охолодження металу під час зварювання дозволяють зменшити зварювальні напруження і уникнути утворення тріщин.

Газове зварювання найчастіше застосовують для зварювання низько- і середньовуглецевих сталей товщиною до 3 мм (кабіни, облицювання, кожухи, тощо) і під час ремонту деталей з чавуну і кольорових металів.

Джерелом тепла для нагрівання деталей при газовому зварюванні є полум'я, утворене від згорання суміші газу з киснем. Для зварювання найчастіше використовують ацетилен ( $C_2H_2$ ), значно рідше пропан-бутан ( $C_3H_8+C_4H_{10}$ ). В останні роки великі успіхи досягнуто у використанні воднево-кисневих сумішей.

Зварювальне полум'я складається з трьох зон (рис. 3.). Зона

«А» (ядро полум'я) обмежена світлою оболонкою, у зовнішньому шарі якої згорає вуглець, утворений під час розпаду молекул палива. Зона «В» – відновлювана, або зона неповного згорання. Вона складається з окису вуглецю і водню, утворених на першій стадії горіння газу. Ці продукти згорання розкислюють розплавлений метал, віднімаючи кисень від його окислів. Зона «С» – повного згорання (або факел). Вона являє собою видимий об'єм газів. У цій зоні відбувається догорання продуктів горіння за рахунок кисню, ежектованого з повітря.

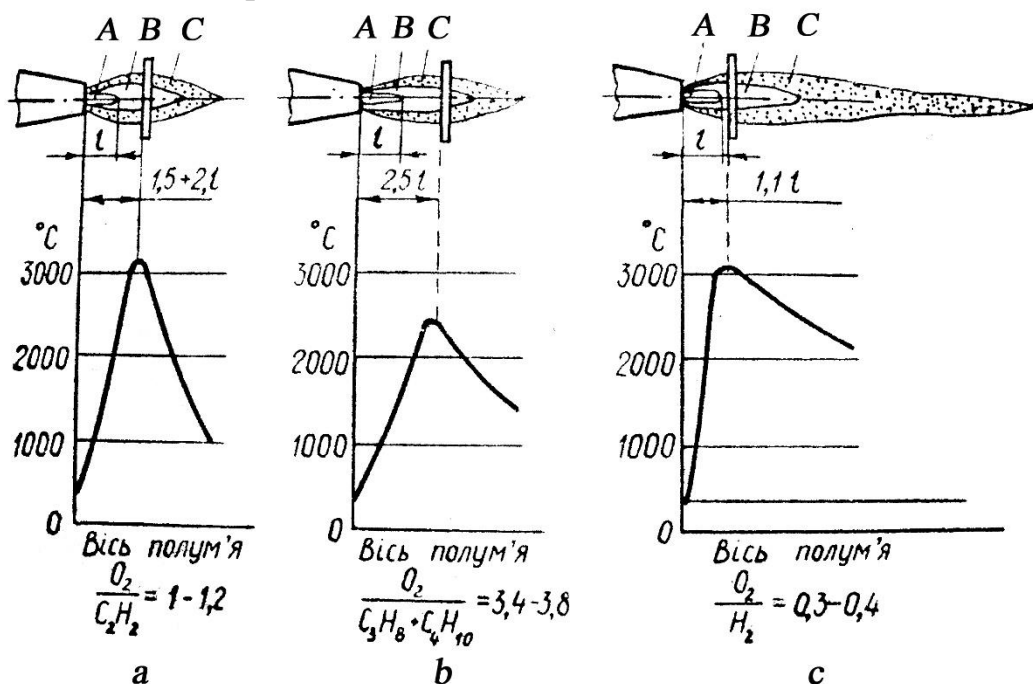


Рис. 3. – Будова зварювального полум'я: *a* – ацетилено-кисневого; *b* – пропано-кисневого; *c* – воднево-кисневого; *A* – ядро; *B* – зона неповного згорання; *C* – зона повного згорання; *l* – довжина ядра

Дещо інша будова воднево-кисневого полум'я, тому для коректування складу полум'я до воднево-кисневої суміші додають пари бензину у незначних кількостях (5-10%). Такий склад газової суміші призводить до того, що в полум'ї зони «В» практично повністю відсутнє і відповідно, не відбувається розкислення розплавленого металу.

Максимальна температура ацетилено-кисневого полум'я (3150°C) значно вища максимальної температури пропан-бутан-кисневого полум'я (2400°C). Як показують дослідження, проведені в ХНТУСГ, максимальна температура воднево-кисневого полум'я

(3000°C) близька до температури ацетилено-кисневого.

Від співвідношення газу і кисню у горючій суміші залежить характер полум'я. Нейтральне полум'я характеризується відсутністю вільного кисню і вуглецю у відновлюваній зоні «В». Для різних горючих сумішей нейтральне полум'я досягається таким співвідношенням об'ємів кисню і газу:

$$\text{ацетилено-кисневе полум'я} - \frac{\text{O}_2}{\text{C}_2\text{H}_2} = 1 - 1,2;$$

$$\text{пропан-бутан-кисневе полум'я} - \frac{\text{O}_2}{\text{C}_3\text{H}_8 + \text{C}_4\text{H}_{10}} = 3,4 - 3,8;$$

$$\text{воднево-кисневе полум'я} - \frac{\text{O}_2}{\text{H}_2} = 0,4 - 0,45$$

Окисне полум'я отримується за більших значень наведених вище співвідношень. Таке полум'я має вищу температуру, однак надлишок кисню сприяє окисленню заліза. Метал шва отримують пористий і крихкий. Тому в цьому випадку потрібно застосовувати дріт марок СВ-08ГС і СВ-12ГС, які містять розкислювачі – марганець і кремній.

Навуглецьовувальне полум'я характеризується надлишком горючого газу, зниженою температурою і сприяє насиченню металу шва вуглецем.

Для зварювання і наплавлення деталей із сталі, яка має менше 0,5 % вуглецю і кольорових металів, використовують нейтральне полум'я; для деталей з високовуглецевих і легованих сталей, чавуну, наплавлення твердих сплавів – навуглецьовувальне полум'я; для різання металу – окислювальне.

Потрібно враховувати, що при взаємодії розплавленого металу із зварювальним полум'ям змінюється його склад. Кисень, який потрапив у шов, знижує його міцність, ударну в'язкість, стійкість проти корозії. Водень сприяє утворенню тріщин. Азот, взаємодіючи за високої температури із залізом, утворює нітриди, які надають наплавленому металу підвищеної твердості і крихкості. У процесі зварювання вигорає кремній, марганець, інші легуючі добавки матеріалу зварюваних деталей.

Щоб не змінювався склад наплавленого шару, матеріал присадного дроту за своїми фізико-механічними властивостями і хімічним складом має бути таким, як і матеріал деталі, але із збільшеною кількістю легкоокислювальних компонентів.

Присадним матеріалом для зварювання невідповідальних сталей є маловуглецевий дріт типу Св-08. Для підвищення механічних властивостей і розкислення металу шва використовують низьколегований кремній-марганцевистий присадний дріт Св-08ГС, Св-10ГС тощо. Позитивно впливає на якість шва наявність у присадному матеріалі нікелю, хрому тощо.

Під час наплавлення зношених поверхонь деталей використовують електроди Нп-40, Нп-50, Нп-30ХГСА, Нп-50Г, Нп-65Г та інші, які дозволяють одержати наплавлений шар з високою стійкістю проти зношування.

Для захисту розплавленого металу від шкідливого впливу кисню, азоту, водню та інших елементів застосовують флюси. Вони утворюють з окислами металів хімічні з'єднання, які спливають у вигляді шлаку на поверхню і захищають рідкий метал від насичення газами. Основними компонентами флюсів для чорних металів є бура  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ , двовуглецева сода  $\text{NaHCO}_3$  і борна кислота  $\text{H}_3\text{BO}_3$ .

Для газового зварювання і наплавлення застосовується відносно просте і недороге обладнання.

Ацетилен одержують безпосередньо на робочому місці зварювальника в ацетиленовому генераторі шляхом взаємодії карбиду кальцію з водою або зберігають у спеціальних ацетиленових балонах. У сільськогосподарському виробництві найпоширеніші пересувні ацетиленові генератори продуктивністю 0,8-3,2 м<sup>3</sup>/год, тиском 0,1-0,15 МПа, наприклад - АСП-1,25, ГВР-1,25М4, ГНВ-1,25 тощо.

Кисень зберігається в балонах високого тиску (15-20 МПа) об'ємом 10-60 л. Пропан-бутан зберігається у балонах середнього тиску (1,6 МПа) об'ємом 5-50л.

Зниження і підтримання в необхідних межах робочого тиску газів здійснюється за допомогою газових редукторів (наприклад, КРР-61 тощо).

Газ і кисень подаються шлангами до газового пальника, в якому відбувається їх змішування і дозування. Найпоширеніші пальники малої Г2-04, середньої Г3-04 і великої Г3-05 потужності, а також наплавлювальні пальники, які дозволяють подавати в зону наплавлення гранульовані самофлюсуючі порошки ГН-2, ГН-3 тощо.



### Воднево-кисневе газове зварювання.

Для воднево-кисневого газового зварювання обладнання складніше, однак це компенсується суттєвим зниженням витрат на матеріали і транспортування балонів.

Воднево-кисневе зварювальне полум'я отримують під час спалювання газу, який генерують в електролізері безпосередньо на робочому місці зварювальника шляхом розкладання води електричним струмом на кисень і водень.

Найповніше задовольняють потребам сільського господарства портативні воднево-кисневі зварювальні установки, розроблені у ХНТУСГ (рис. 4).

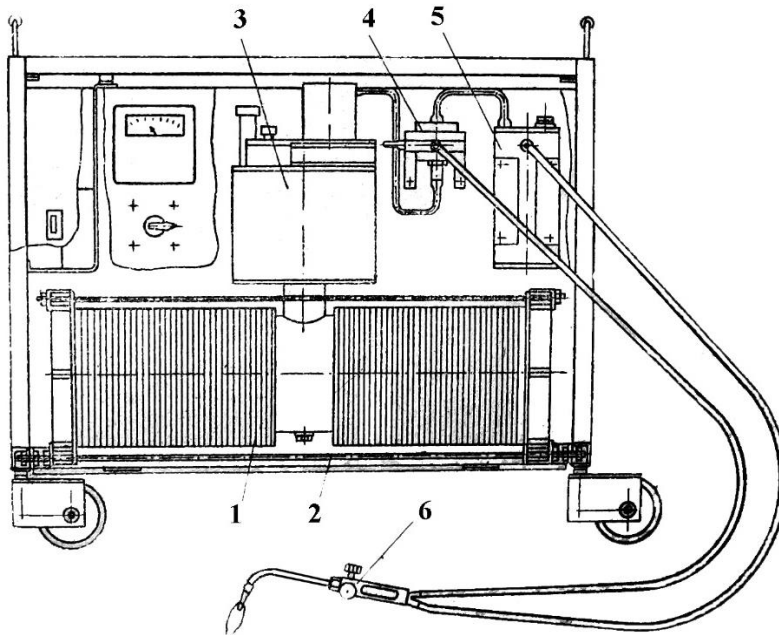


Рис. 4 – Воднево-киснева зварювальна установка, розроблена у ХНТУСГ: 1 – джерело струму; 2 – стягувальний болт; 3 – газовідокремлювач; 4 – затвор; 5 – збагачувач; 6 – пальник

Принцип дії електролізера ґрунтується на реакції розкладання води під дією постійного електричного струму, який проходить через лужний електроліт. Електролізер складається з низки послідовно включених герметичних порожнин, утворених електродами та ущільнювальними кільцями. Герметизація набраного таким чином пакета здійснюється стягуванням шпильками. Внутрішня порожнина газовідокремлювача і міжелектродні порожнини заповнюються електролітом. До крайніх електродів електролізера підводять постійний електричний струм від блока живлення. Воднево-

киснева суміш, яка утворюється під час проходження струму, через отвори у верхній частині електродів потрапляє у газовідокремлювач, потім осушується і через затвор і збагачувач подається до зварювального пальника. Затвор потрібний для запобігання вибуху газу всередині генератора у випадку займання газу у шлангах. Збагачувач дозволяє корегувати характер зварювального полум'я шляхом незначних добавок до воднево-кисневої суміші парів бензину.

Низька вартість потрібних матеріалів і споживання електричної енергії (2-5 кВт-год) дозволяють очікувати поширення цього виду зварювання у виробництві і особливо на сільськогосподарських ремонтних підприємствах.

### Режими газового зварювання (наплавлення).

Режим газового зварювання (наплавлення) визначається напрямком переміщення і кутом нахилу пальника, потужністю, характером полум'я, діаметром присадного дроту.

За лівого способу зварювання пальник переміщують справа наліво, а присадний дріт – попереду полум'я. Цей спосіб найпоширеніший і застосовується для наплавлення і зварювання матеріалів малої товщини (рис. 5).

За правого способу – пальник переміщують зліва направо, а присадний дріт слідом за пальником. Це дозволяє найповніше використувати тепло полум'я і зварювати деталі завтовшки більше 5-6 мм. Кут нахилу пальника (між площиною зварюваного металу і віссю нахилу пальника) вибирають залежно від товщини зварюваних деталей (рис. 6). Що він більший, то більший тепловий вплив полум'я на деталь.

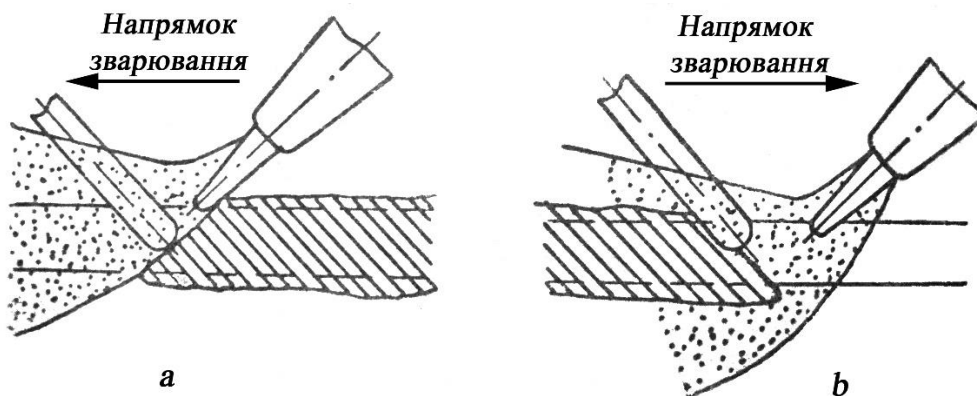


Рис. 5 – Газове зварювання: *a* – ліве; *b* – праве

Потужність полум'я характеризується годинною витратою ацетилену:

$$A = kt, \text{ дм}^3/\text{год}, \quad (1)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який враховує матеріал і спосіб зварювання,  $\text{дм}^3/\text{год-мм}$ ;  $t$  – товщина зварюваної деталі,  $\text{мм}$

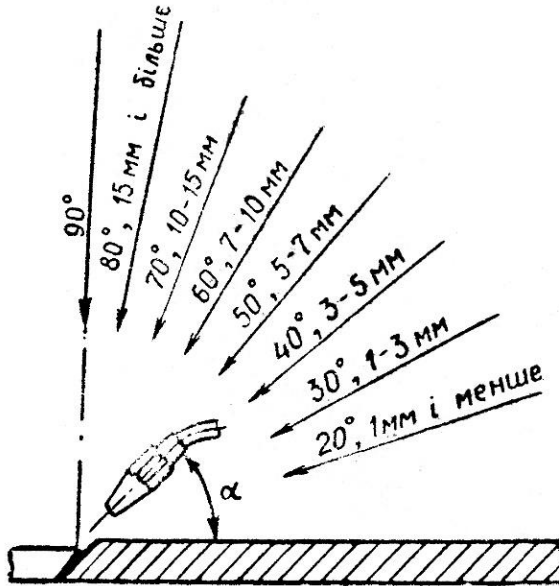


Рис. 6 – Залежність кута нахилу мундштука зварювального пальника від товщини зварювального металу

від способу зварювання за формулами:

$$D = 0,5t + 1 - \text{для лівого способу зварювання};$$

$$D = 0,5t + 2 - \text{для правого способу зварювання}.$$

Газове зварювання доцільно використовувати для зварювання деталей малої товщини. При збільшенні товщини деталей спостерігається різке падіння продуктивності процесу.

Під час електродугового зварювання і наплавлення плавлення металу деталей і присадного дроту, відбувається за рахунок тепла, електричної дуги.

Живлення дуги може здійснюватися змінним або постійним струмом. При зварюванні на постійному струмі розрізняють пряму і зворотну полярність. Під час зварювання на прямій полярності, зварюваний виріб з'єднується з позитивним полюсом зварювального генератора, а електрод – з негативним полюсом. При зворотній полярності – навпаки.

Під час зварювання на зворотній полярності деталь нагрівається менше, ніж при прямій полярності, що має велике практичне значення. Електрична дуга складається з трьох частин: катодного і анодного областей і стовпа дуги (рис. 7).

Температура металу в катодній плямі становить 2600-3000°C, у той час як в анодній плямі – 3500-4000°C. Температура середовища в стовпі дуги досягає 6000-7000°C.

При виконанні зварювальних і наплавочних робіт застосовуються різні присадні матеріали, електроди, флюси і захисні газу. Присадні матеріали, що застосовуються у вигляді дроту і порошків. ГОСТ 2246 передбачає 77 марок сталевих дротів для зварювання діаметром від 0,3 мм до 12 мм Зварювальний дріт позначається літерами «Св». По ГОСТ 10543 для наплавлення деталей застосовується 30 марок проволочки діаметром 0,3-8,0 мм Наплавочний дріт позначається літерами «Нп».

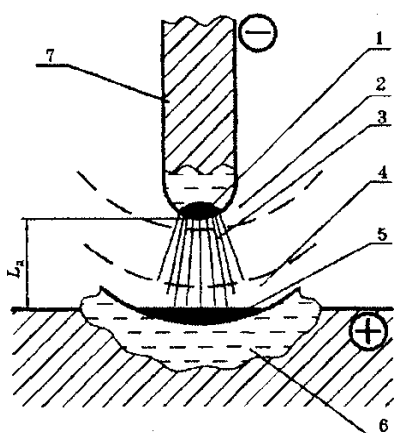


Рис.7 – Будова електричної дуги:

- 1 – катодна пляма дуги;
- 2 – катодна область;
- 3 – стовп дуги;
- 4 – анодна ділянка;
- 5 – анодне пляма;
- 6 – розплавлений метал;
- 7 – електрод;
- $L_d$  – довжина дуги

Наплавочний дріт виготовляють з вуглецевих (Нп-30, Нп-45, Нп-50 тощо), легованих (Нп-65Г, Нп-30ХГСА, Нп-40ХЗГ2МФ тощо) і високолегованих (Нп-40Х13, Нп-45Х4ВЗГФ, Нп-ПЗА тощо) сталей.

Для зварювання і наплавлення використовують також порошковий дріт, що представляє сталеву оболонку (трубу), заповнену порошкоподібною шихтою, що складається з металевих і флюсуючих компонентів.

Під час ручного дугового зварювання застосовуються зварювальні електроди, які поділяються на типи (по твердості наплавленого металу) і марки (за хімічним складом). Тип електрода позначається буквою «Е» із зазначенням праворуч міцності металу зварного шва при розтягуванні, МПа. Наприклад, тип стрижня – Е46,

марка покриття – УОНИ-13/55.

В якості електродного дроту застосовуються наступні марки: Св-08, Св-08А, Св-08Г; Св-08ГА, Св-10Г2 та ін Електроди для наплавлення поверхонь позначають літерами «ЕН» і числом, яке вказує твердість наплавленого металу без термообробки.

За хімічним складом згідно з ГОСТ 10051 електроди розділені на 44 марки (наприклад, електроди Е-16Г2ХМ, Е-110Х14В13Ф2, Е-13Х16Н8М5С5Г4).

Для видалення оксидів і захисту розплавленого металу від окислення застосовуються флюси, які можна розділити на три групи: плавлені (АН-348А, ОСЦ-45, АН-60, АН-10, АН-20, АН-30, призначені для зварювання вуглецевих і низьковуглецевих сталей), неплавлені (наприклад флюс АФ-4А, застосовуваний для зварювання алюмінію і його сплавів) і керамічні (АНК-18, АНК-19, АНК-30, ЖСН-1).

Режим електродугового зварювання і наплавлення обумовлюється вибором типу, марки і діаметра електрода, сили зварювального струму і полярності (у разі зварювання на постійному струмі), порядком накладання валиків тощо

Тип і марку електрода вибирають залежно від хімічного складу і необхідних механічних властивостей відновлюваної деталі. Діаметр електрода ( $d_{en}$ , мм) приймають в залежності від товщини зварюваних деталей ( $\delta$ , мм):

$$d_{en} = 0,5\delta + (1 - z), \quad (2)$$

де  $z$  – припуск на подальшу обробку.

Сила зварювального струму  $I$  орієнтовно може бути визначена за емпіричною залежністю:

$$I = kd, \quad (3)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що залежить від товщини зварюваного виробу, А/мм (25-60 А/мм);

$d$  – товщина матеріалу або діаметр стрижня електрода, мм.

Електроди для зварювання вибираються у відповідності з ГОСТ 9466 і ГОСТ 9467.

В якості зварювального обладнання, при зварюванні змінним струмом, використовуються зварювальні трансформатори типу ТС-300, ТС-500, ТД-300 тощо.

При зварюванні постійним струмом застосовуються зварювальні перетворювачі: ПСО-300-3, ПС-500, САМ-300-2 тощо.

Під час напівавтоматичного зварювання електродний дріт подається в зону зварювання за допомогою зварювального напівавтомата, який складається з випрямляча і механізму подачі дроту. До таких напівавтоматів належать: А-580М, ОКС-1252М, А-765, А-1197 та ін.

При відновленні деталей, що мають форму тіл обертання, як обертачів застосовуються спеціальні установки: УД-133, УД-140, УД-143, УД-144, УД-209, УД-233, УД-299, УД-302, УД-651, ОКС-11200, ОКС-11236, ОКС-11238, ОКС-14408, ОКС-27432 тощо.

### **Особливості зварювання деталей з чавуну.**

Під час відновлення чавунних деталей зварюванням слід враховувати особливості чавуну, що ускладнюють його зварювання:

- внаслідок місцевого нагрівання і швидкого охолодження в шві і біляшовної зони виникають внутрішні напруги, які сприяють утворенню тріщин;

- в результаті високої швидкості охолодження розплавленого чавуну відбувається його відбілювання, так як вуглець не встигає виділитися у вигляді графіту і перетворюється в цементит  $Fe_3C$ . Вибілений чавун характеризується високою твердістю, крихкістю і поганою механічною обробкою;

- в процесі зварювання відбувається вигоряння вуглецю, що супроводжується інтенсивним газовиділенням із зварювальної ванни, що призводить до утворення пір в металі шва;

- внаслідок підвищеної жидкотекучести чавуну виникають труднощі утримання розплавленого металу від витікання і формування шва.

Використовуються два основні види зварювання чавуну: гаряча і холодна.

Гаряче зварювання застосовується для деталей складної форми з попереднім їх підігрівом до температури 600-650°C зі швидкістю 120-150°C/год в нагрівальних печах.

Гаряче зварювання здійснюється киснево-ацетиленовим полум'ям з невеликим надлишком ацетилену. Присадним матеріалом служать чавунні прутки марки А або Б з підвищеним вмістом кремнію до 3,0-3,5 % або латунний дріт Л63.

Зварювання здійснюють із застосуванням флюсів на основі

бури. Рекомендуються такі склади флюсів: бура ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) – 100%; бура – 50%, гідрокарбонат натрію ( $\text{NaHCO}_3$ ) – 47%,  $\text{SiO}_2$  – 3%; бура – 56%, карбонат натрію ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) – 22%,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  – 22%. Застосовується також флюс ФСЧ-1.

Після зварювання здійснюють низькотемпературний відпал, тобто нагрівання деталі до  $650\text{-}700^\circ\text{C}$  і її охолодження разом з нагрівальною піччю.

Гаряче зварювання чавуну забезпечує високу якість шва, однак воно вимагає великих енерго- та трудових витрат.

Холодне дугове зварювання деталей з сірого чавуну здійснюється спеціальними електродами типу ОЗЧ-1, МНЧ-1, ЖНБ-1, ЦЧ-4 і іншими з фтористо-кальцієвим покриттям типу УОНИ-13/55.

Стрижень електрода ОЗЧ-1 виготовляється з міді М-2 або М-3. Для електрода МНЧ-1 використовується монель-метал (63% Ni, 37% Cu), для електрода ЖНБ-1 – сплав, що містить 55% Ni і 45% Fe.

Зварювання цими електродами (діаметром 3-4 мм) здійснюється постійним струмом зворотної полярності (напруга 20-25 В, сила струму 120-150 А) і невеликими (20-30 мм) ділянками, короткою дугою з проковуванням кожної ділянки і відновленням зварювання після охолодження шва до  $50\text{-}60^\circ\text{C}$ .

Напівавтоматичне зварювання сірого чавуну можна виконувати самозахисним електродним дротом ПАНЧ-11 і ПАНЧ-12 на основі нікелю, розробленої Інститутом електрозварювання імені Е.О. Патона.

Для зварювання цим дротом застосовують зварювальний напівавтомат А-547-У. Діаметр дроту 1,4 мм Режим зварювання: сила струму 100-140 А, напруга 14-18 В, швидкість зварювання 0,09-0,15 м/хв.

### **Способи відновлення деталей з алюмінієвих сплавів.**

Основні труднощі відновлення деталей зварюванням з алюмінієвих сплавів полягають у тому, що алюміній при зварюванні, інтенсивно окислюється і на його поверхні утворюється тугоплавка плівка оксиду  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , що має температуру плавлення  $2160^\circ\text{C}$ , тоді як температура плавлення самого алюмінію –  $659^\circ\text{C}$ .

Оксидна плівка перешкоджає сплавленню основного і наплавленого металу і забруднює шов. Крім того, високий коефіцієнт лі-

нійного розширення (в 2 рази більше, ніж у сталі) і велика теплопровідність (у 3 рази більше, ніж у сталі) сприяють появі значних залишкових напружень в зварюваних деталях і утворенню тріщин по шву або навколо шовної зони. Велика розчинність водню в розплавленому металі призводить до утворення в ньому пор.

Відновлення деталей зварюванням з алюмінієвих сплавів здійснюється одним з наступних способів: аргонодуговим зварюванням, ручним дуговим зварюванням плавким або неплавким електродом, газовим зварюванням із застосуванням флюсів.

Аргонодугове зварювання неплавким вольфрамовим електродом на установках типу УДАР-500, УДГ-301, УДГ-501 отримало широке поширення.

Аргонодугове зварювання заснована на використанні теплоти, що виділяється при горінні електричної дуги між основним металом виробу 1 (рис. 8) і вольфрамовим електродом 2, що має температуру плавлення близько  $3500^{\circ}\text{C}$ , в захисному середовищі інертного газу аргону.

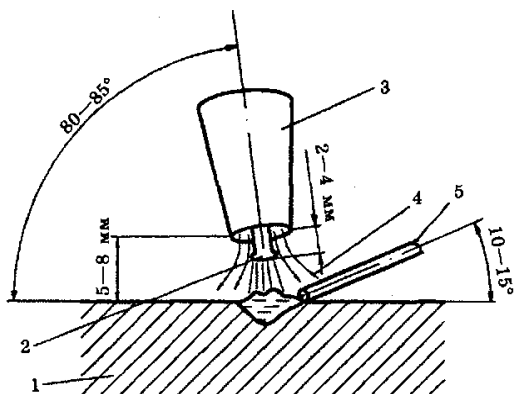


Рис. 8 – Схема горіння в середовищі захисного газу аргону:

- 1 – деталь;
- 2 – вольфрамовий електрод;
- 3 – пальник;
- 4 – захисний газ;
- 5 – присадочная дріт

Присадним матеріалом може бути алюмінієвий дріт з вмістом 5-6% кремнію, а також дріт Св-АК5 або Св-АК10. Зварювання ведуть найчастіше на змінному струмі, або на постійному струмі зворотної полярності.

Для закріплення вольфрамового електрода і подачі захисного газу в зону горіння дуги застосовуються пальники типу ГРАД-200 і ГРАД-400. Аргонодугове зварювання забезпечує підвищення продуктивності праці в 3-4 рази в порівнянні з ацетилено-кисневим.

Газове ацетилено-кисневе зварювання виконують нейтральним полум'ям з використанням флюсів АФ-4А, АН-4А та інших, з застосуванням в якості присадного матеріалу дроту того ж складу,



що й основний метал. Потужність пальника вибирають з розрахунку 100-20 л/год пального газу на 1 мм товщини металу.

Отримало поширення також зварювання деталей з алюмінієвих сплавів із застосуванням ультразвуку, яке руйнує оксидну плівку.

У ряді випадків деталі з силуміну перед зварюванням підігрівають до  $t = 200-250^{\circ}\text{C}$ , що запобігає жолобленню і утворенню тріщин. Після зварювання деталі піддають відпалу при  $t = 300-350^{\circ}\text{C}$ , для зняття внутрішніх напруг та поліпшення структури наплавленого металу.

### Наплавлення деталей під шаром флюсу.

При зварюванні і наплавленні деталей під шаром флюсу, на відміну від наплавлення відкритою дугою електрична дуга горить під шаром розплавленого флюсу, утворюючи на поверхні шва жужільну кірку. При цьому в зоні зварювання створюється надлишковий тиск газів, які разом з розплавленим флюсом перешкоджають доступу повітря до розплавленого металу (рис. 9).

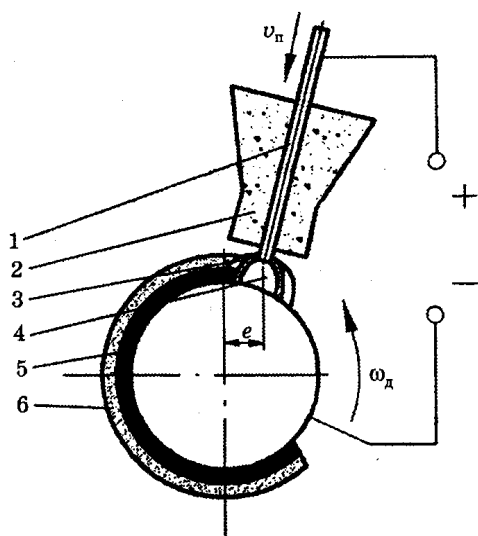


Рис. 9 – Схема наплавлення під шаром флюсу:

- 1 – електрод;
- 2 – бункер з флюсом;
- 3 – оболонка розплавленого флюсу;
- 4 – газовий пухирець;
- 5 – наплавлений метал;
- 6 – шлакова кірка;
- e – зміщення електрода з zenіту;
- $v_n$  – швидкість подачі дроту;
- $\omega_d$  – кутова частота обертання деталі

Наплавлення під шаром флюсу забезпечує найбільш високу якість наплавленого металу, так як зварювальна ванна захищена від шкідливого впливу кисню й азоту повітря. Крім того, повільне охолодження металу під шаром флюсу сприяє найбільш повному видаленню газів з рідкого металу і шлакових включень, що також сприяє поліпшенню якості шва.

Автоматичне наплавлення під шаром флюсу відрізняється

високою продуктивністю процесу. Коефіцієнт наплавлення  $\alpha_n$  в 1,5 рази вище, ніж при ручному наплавленні, і становить 14-15 г/А·год. Продуктивність процесу залежно від величини зварювального струму коливається в межах 1,5-10,0 кг/год. Товщина шару наплавленого металу, в залежності від режиму, може бути отримана в межах 0,5-5,0 мм.

Для наплавлення деталей, виготовлених з вуглецевих сталей 30, 40, 45, застосовують вуглецевий дріт Нп-30, Нп-40, Нп-50, Нп-65, або дріт з низьколегованої сталі (Нп-30ХГСА). Для наплавлення відповідальних деталей з високою поверхневою твердістю застосовується дріт Нп-2Х14, Нп-3Х13, Нп-30ХТСА та ін.

Найбільш споживаними флюсами є: плавлені АН-348А; АН-20; АН-30; ОСЦ-45, або керамічні флюси АНК-18; АНК-19.

Для наплавлення деталей з великим зносом рекомендується застосовувати автоматичне наплавлення порошковим дротом під шаром флюсом, або відкритою дугою без додаткового захисту. При цьому, рекомендуються наступні марки дроту: ПП-АН106; ПП-АН124; ПП-3Х5Г2М-0; ПП-3Х13-0; ПП-25Х5ФМС-0.

На фізико-механічні властивості наплавленого матеріалу істотно впливає режим наплавлення, який визначається наступними параметрами: діаметром електрода, напругою дуги, силою зварювального струму, швидкістю наплавлення, швидкістю подачі дроту, вильотом електрода, кроком наплавлення, зміщенням електрода з zenіту.

Діаметр електродного дроту вибирають залежно від діаметра наплавлюваної деталі. При наплавленні автомобільних деталей застосовують дріт діаметром 1,6-2,5 мм.

Силу струму ( $I$ , А) вибирають залежно від діаметра електрода ( $d_e$ , мм) за таблицями або наближено за формулою

$$I = 110 \cdot d_e + 10 \cdot d_e^2. \quad (4)$$

При відновленні деталей застосовують постійний струм зворотної полярності напругою 25-35 В.

Швидкість наплавлення ( $v_n$ , м/год) вибирають в межах 12-45 м/год, або визначають за формулою

$$v_n = \frac{\alpha_n I}{G}, \quad (5)$$

де  $G$  – маса 1 м наплавлення, г.

Зі збільшенням швидкості наплавлення, зменшується ширина наплавленого валика і глибина проплавлення.

Швидкість подачі дроту ( $v_{\text{п}}$ , м/год, або м/хв) вибирають залежно від діаметра електрода і сили струму, або визначають за формулою

$$v_{\text{п}} = \frac{4\alpha_{\text{н}}I}{\pi d_e^2 \gamma} \text{ или } v_{\text{п}} = \frac{4\alpha_{\text{н}}I}{15\pi d_e^2 \gamma}, \quad (6)$$

де  $\gamma$  – щільність наплавленого металу, г/см<sup>3</sup>.

Для електродного дроту  $d_e = 1,6-2,0$  мм при силі струму  $I = 140-360$  А і  $\alpha_{\text{н}} = 14-16$  г/А·год, швидкість подачі дроту змінюється в межах 75-180 м/год.

Виліт електрода залежить від сили струму і приймається рівним 10-25 мм.

Крок наплавлення  $s$  в межах 3-6 мм вибирають в залежності від необхідної товщини шару  $h$ , сили струму і напруги.

Зміщення електрода  $e$  з zenіту в бік, протилежний напрямку обертання деталі, встановлюють залежно від діаметра деталі: для деталей діаметром 50-150 мм,  $e = 3-8$  мм.

Частота обертання деталі

$$n = 250 \frac{v_{\text{п}} d_e^2}{hsD} \eta, \quad (7)$$

де  $v_{\text{п}}$  – швидкість подачі електродного дроту, м/хв;

$h$  – товщина наплавленого шару, мм;

$s$  – крок наплавлення, мм/об;

$D$  – діаметр деталі, мм;

$\eta$  – коефіцієнт переходу металу електрода в основний метал.

Для наплавлення під флюсом можна прийняти  $\eta = 1,0$ .

Автоматична наплавлення деталей під шаром флюсу виконуються на спеціальних установках У-651, 652, У-653 або наплавочними апаратами типу А-580М, ПАУ-1, УАНФ-3 НИИАТ та ін. Для живлення наплавочних установок струмом застосовуються перетворювачі постійного струму ПСО-500 (укомплектований апарат А-580М) або ПСУ-500 (укомплектований ПАУ-1). Зварювальні головки А-580М і ПАУ-1 встановлюються на супорті переобладнаного токарного верстата, оснащеного редуктором для зниження частоти обертання деталі.

Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона розроблені

спеціальні зварювальні верстати: У-465 – для наплавлення циліндричних і шліцьових поверхонь; У-427 – для наплавлення шийок колінчастих валів; У-425 – для наплавлення зовнішніх і внутрішніх поверхонь.

Основними перевагами цього способу відновлення деталей є: висока продуктивність процесу (в 6-8 разів вище, порівняно з ручним наплавленням) і коефіцієнт наплавлення, можливість отримання шару металу великої товщини (1,5-5,0 мм), висока якість наплавленого металу.

### Наплавлення деталей в середовищі захисних газів.

Сутність способу зварювання в середовищі захисних газів полягає в тому, що в зону горіння електричної дуги під тиском подається захисний газ, який, відтісняючи повітря, захищає розплавлений метал зварювальної ванни від шкідливого впливу на нього кисню і азоту.

Зварювання в захисних газах може виконуватися плавким і неплавким електродами (вугільним або вольфрамовим). При зварюванні і наплавленні плавким електродом, електродний дріт подається в зону горіння дуги через спеціальний газоелектричний пальник, до якого підводять електричний струм, захисний газ (аргон, гелій, вуглекислий газ, водень, водяна пара та їх суміші). В якості захисних газів найбільше застосування отримали вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ) і аргон (рис. 10).

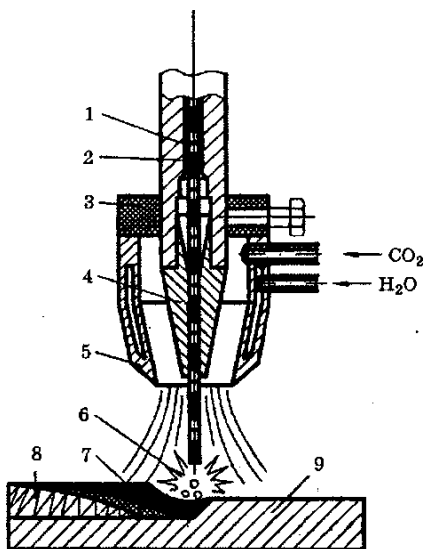


Рис. 10 – Схема наплавлення в середовищі вуглекислого газу:

- 1 – мундштук;
- 2 – електродний дріт;
- 3 – пальник;
- 4 – наконечник;
- 5 – сопло пальника;
- 6 – електрична дуга;
- 7 – зварювальна ванна;
- 8 – наплавлений метал;
- 9 – відновлювана деталь

Зварювання і наплавлення в середовищі  $\text{CO}_2$ , як правило, ве-

дуть на постійному струмі зворотної полярності. Це забезпечує хорошу стійкість процесу. живлення вуглекислим газом здійснюється за схемою: балон – підігрівач – осушувач – понижуючий редуктор – витратомір – наплавочна головка (1 балон вуглекислоти (25 л) дає 10-12 м<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>; з 1 кг утворюється 509 л CO<sub>2</sub>).

Для зварювання і наплавлення поверхонь застосовується дріт діаметром 0,5-2,0 мм наступних марок: Св-08ГС, Св-08Г2СА, Св-10ГС, Св-12ГС, Св-18ХГСА, Св-30ХГСА, Нп-30ХГСА. Крім того, використовується дріт марок ПП-Р18Т, ПП-Р9Т, ПП-Х2В8Т та ін.

Для напівавтоматичного зварювання в середовищі CO<sub>2</sub> широко використовуються напівавтомати: А-537, А-547, А-547У, А-547Р, А-1035М, ПДГ-301, ПДПГ-500 та ін.

В якості наплавочних автоматів, зазвичай, використовують переобладнаний апарат А-580, який випускається для наплавлення під шаром флюсу, а також зварювальні головки: ОКС-6569; ВКБ-1252А і ПАУ-1, комплектовані джерелом струму ПСУ-500.

### Вібродугове наплавлення деталей.

Процес вібродугового наплавлення являє собою різновид автоматичного наплавлення металу вібруючим електродом в струмені охолоджуючої рідини і вперше був запропонований інженером Р.П. Клековкиним у 1950-1952 р. (рис. 11).

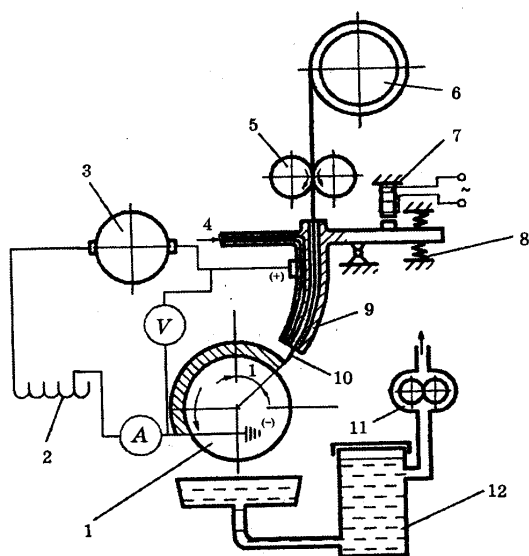


Рис. 11 – Схема установки для вібродугового наплавлення деталей

Схема установки для вібродугового наплавлення деталей наведена на рис. 5. Сутність процесу наплавлення полягає в наступному. До наплавлюваної поверхні обертової деталі 1 роликами 5 з касети 6 через вібруючий мундштук 9 подається електродний дріт 10. Вібрація мундштука з частотою 50-100 Гц здійснюється за допомогою електромагнітного вібратора 7 і пружини 8. Внаслідок вібрації відбувається замикання і розмикання зварювального

ланцюга між електродним дротом та деталлю і холостий хід.

Електричний струм від джерела 3 підводиться до деталі через контакт, що ковзає. Для підвищення стійкості і тривалості дугового розряду в зварювальну ланцюг включають індуктивний опір 2. В зону наплавлення металу через канал 4 з допомогою насоса 11 подається охолоджувальна рідина з фільтра-відстійника 12, в результаті чого відбувається загартування наплавленого металу. В якості охолоджуючої рідини рекомендується застосовувати 4-6-відсотковий розчин кальцинованої соди або 10-20 відсотковий водний розчин технічного гліцерину.

## Лекція № 7

### Газотермічне напилення деталей.

#### Класифікація газотермічних покриттів

Найважливішим напрямком сучасної інженерії поверхні є газотермічне напилення (ГТН) покриттів, початок історії якого відноситься до 1909 р., коли перший винахідник способу напилення металу на поверхню Макс Ульріх Шооп, розпилюючи свинець за допомогою стаціонарної тигельної установки, отримував покриття на різних матеріалах (рис. 1).

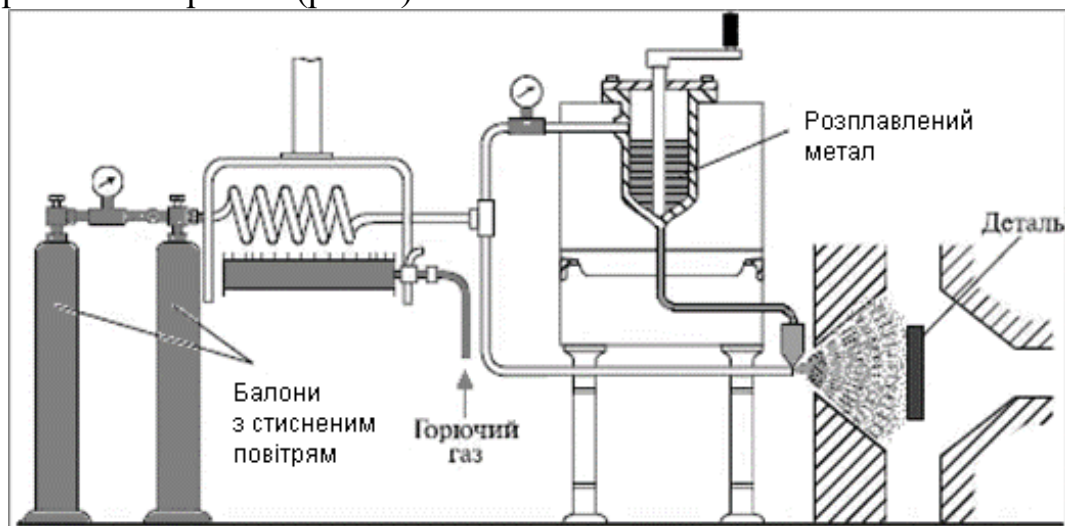


Рис. 1 – Установка тигельного розпилення

На основі його технології в Цюріху в 1909 році був відкритий завод з металізації. У 1913 році М.У. Шооп запатентував конструкцію газополум'яного розпилювача, в якій матеріал для розпилення подавався в полум'я газового пальника у вигляді дроту.

Класифікуються газотермічні покриття за наступними ознаками: 1. Функціональне (службове) призначення; 2. Склад; 3. Макроструктура (конструкція) покриття; 4. Макрогеометрія (спеціальний макрорельєф) покриття; 5. Спосіб газотермічного напилення, яким отримано покриття; 6. Вид вихідного матеріалу для напилення покриття; 7. Група покриття по товщині; 8. Група покриття по пористості; 9. Група покриття по міцності зчеплення з основою; 10. Технологічні ознаки, що характеризують обробку покриття; 11. Додаткові ознаки.

В цей час переважна увага приділяється класифікації газотермічних покриттів за функціональним призначенням (рис. 1).

Така класифікація газотермічних покриттів (ГТП) необхідна не тільки інженерно-технічним і науковим працівникам, але і для організації процесу управління маркетингом газотермічних покриттів.

Вперше подібна класифікація розроблена фірмою МЕТКО.

Відповідно ГОСТ 28076 класифікація газотермічних покриттів за функціональним призначенням наступна:

1. Гумове покриття;
2. Термостійке покриття;
3. Коркове покриття;
4. Захисне покриття: зносостійке, ерозійностійке, корозійностійке.

5. Терморегулююче покриття: теплозахисне покриття.

Класифікація газотермічних покриттів за енергетичного ознакою (ГОСТ 28076):

1. Газополум'яне напилення;
2. Детонаційне напилення;
3. Електродугове напилення;
4. Плазмове напилення:
  - 4.1. Плазмове-дугове напилення;
  - 4.2. Високочастотне плазмове напилення.

Сутність процесів газотермічного напилення покриттів полягає в утворенні спрямованого потоку дисперсних часток напилюваного матеріалу, що забезпечує перенесення їх на поверхню оброблюваного виробу при оптимальних для формування шару покриття значеннях температури і швидкості (рис. 2).

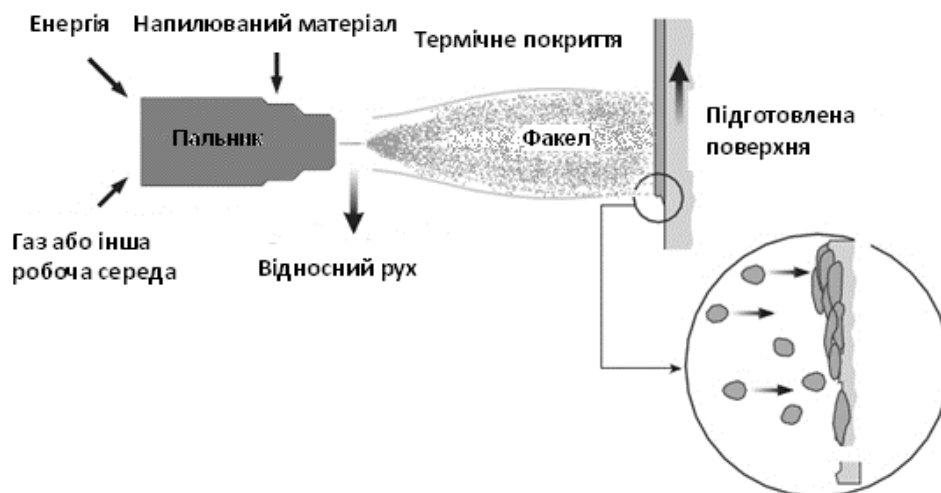


Рис. 2 – Схема процесів газотермічного напилення



### Газополум'яне напилення.

Метал (порошковий матеріал або дріт) розплавляється полум'ям суміші газу (ацетилен, пропан-бутан тощо) та кисню і розпилюється стиснутим повітрям або інертним газом. Подача порошкового матеріалу в зону полум'я може здійснюватися за допомогою транспортувального газу (рис. 3, 4) або безпосередньо з бункера по трубці під дією сили тяжіння. Транспортування порошку за допомогою інертних газів сприяє зменшенню окислення розплавлених частинок металу. Перевага введення порошку стиснутим повітрям полягає у простоті обладнання і відсутності необхідності в транспортувальному газі, але в цьому випадку має місце інтенсивніша взаємодія частинок порошку з навколишнім середовищем.

З метою підвищення міцності зчеплення напилюваного металу і поверхні деталі застосовують попереднє напилювання, тобто створюють підшарок. Під час напилювання підшарку, наприклад – із суміші нікелю і алюмінію (якщо один з них виконує у порошку або порошковому дроті роль обгортки, а другий – роль наповнювача), між ними відбувається екзотермічна реакція (з виділенням тепла), і в момент удару частинок по поверхні деталі їх температура досягає  $1450^{\circ}\text{C}$ . У результаті частинка (крапля), яка складається з нікелю, алюмінію та їх оксидів, міцно приварюється до поверхні і створює шорсткість для надійного зчеплення наступного (основного) шару із заданими механічними властивостями.

Швидкість частинок напилюваного матеріалу залежить від співвідношення кисню і горючого газу в суміші, кількості газу, який обдуває полум'я, відстані від зрізу сопла, кількості порошку, що вдувається в полум'я, його щільності, гранулометричного складу та інших компонентів, і знаходиться в межах 20-80 м/с.

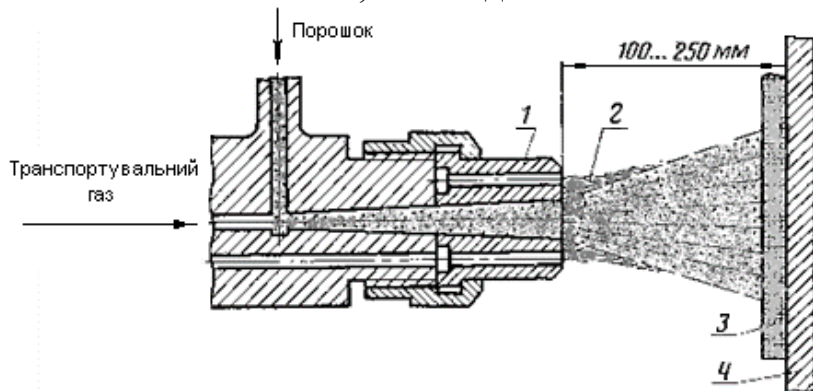


Рис. 3 – Схема процесу газотермічного напилення порошком

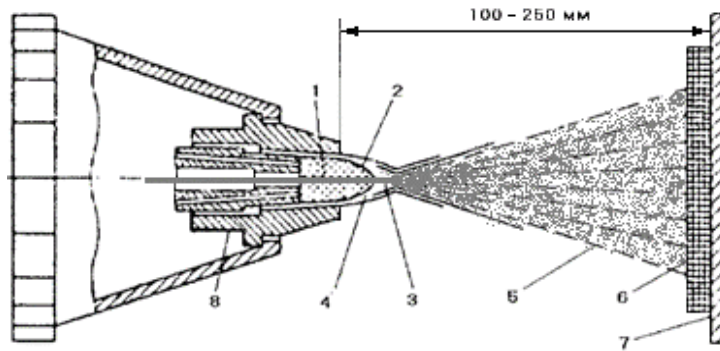


Рис. 4 – Схема процесу газотермічного наплення дротом

Він рекомендується для наплення порошкових матеріалів: металів, сплавів, композицій і оксидів (рис. 3), а також покриттів з металевого дрота, гнучких шнурів, зволікання (рис. 4).

Інколи перед нанесенням покриття для видалення адсорбованої вологи і підвищення міцності зчеплення покриттів рекомендується проводити попереднє нагрівання деталі до 90-180 °С у сушильній шафі або полум'ям напилувального апарата без подачі порошку (при невеликих розмірах деталей).

Для відновлення деталей, які працюють в умовах тертя, застосовують стійкі проти зношування порошки на основі нікелю або дешеві сплави на основі заліза, які мають високі експлуатаційні і технологічні властивості.

Хімічний склад порошків на основі нікелю, %: нікель – 80, хром – 12-15, бор – 1,5-4, кремній – 0,5-4, вуглець – 0,3-1,0, залізо – 5. Марки порошків мають позначення, наприклад ПГ-ХН80СР2 (Х – хром, Н – нікель, С – кремній, Р – бор), де остання цифра (2, 3 або 4) характеризує процентний вміст усіх елементів, крім нікелю або заліза.

Порошкові сплави на основі нікелю мають низьку температуру плавлення (950-1050°С), регульовану твердість (35-60 HRC), рідкотекучість, високу стійкість проти зношування і властивості самофлюсування. А бор (Р) і кремній (С), у цих сплавах, активно віднімають кисень від оксидів. Головним недоліком цих сплавів є їх висока вартість.

Порошкові сплави на основі заліза з високим вмістом вуглецю мають низьку вартість, високу стійкість проти зношування, але є більш тугоплавкими (температура плавлення 1250-1300°С) і не самофлюсуються. Ці сплави містять ферохром і карбіди бору (наприклад, сплав ФБХ-6-2), забезпечуючи твердість HRC 56-63.

Застосовуються також композиційні порошкові суміші сплавів на основі нікелю і заліза. Наприклад, композиція ПС-1 представляє собою суміш порошків у рівних пропорціях: на основі нікелю – ПГ-ХН80СР3 і на основі заліза – ПГ-У30Х28Н4С4 (твердий сплав сор-майт).

Газополуменеве напилювання порошків може застосовуватись без оплавлення і з оплавленням напиленого шару. В останньому випадку значно поліпшується міцність зчеплення з основним металом і підвищується стійкість відносно знакозмінних навантажень на деталь у процесі експлуатації.

### Детонаційне напилення.

Метод детонаційного напилювання покриттів використовує енергію вибуху газових сумішей (рис. 5). Цим способом можна наносити покриття будь-якого типу з низькою пористістю.

В камеру 1 ствола  $\varnothing 25$  мм подають кисень і ацетилен в строго певних кількостях; ствол направляють на оброблювану деталь 2. Через отвір 3 в камері подають порошок напилюваного матеріалу. Газову суміш підпалюють електричною іскрою від запалу 4.

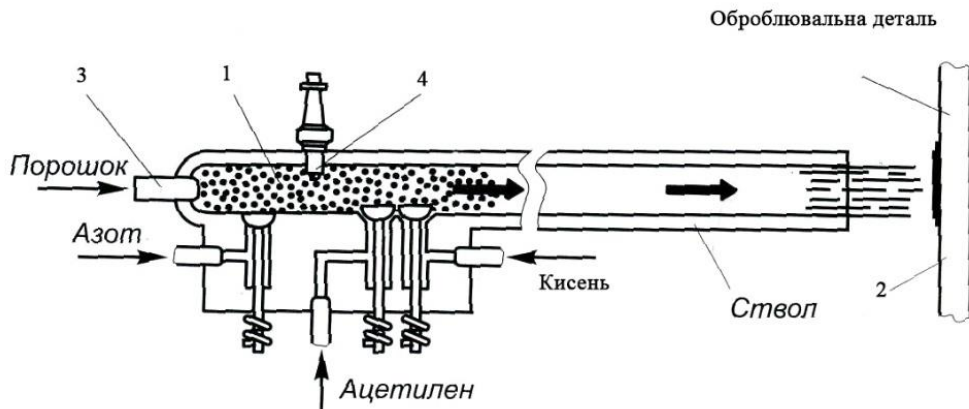


Рис. 5 – Схема процесу детонаційного напилення

В результаті вибуху суміші відбувається виділення тепла і утворюється ударна хвиля, яка розігріває і розганяє частинки порошку. Їх швидкість на відстані 75 мм від зрізу ствола може досягати 820 м/с. При попаданні на деталь частинок виділяється велика кількість теплової енергії, і температура напилюваного порошку збільшується до  $4000^{\circ}\text{C}$ . В результаті цього, на деталі 2 утворюється покриття.

Після вибуху суміші горючих газів, для видалення продуктів горіння здійснюють продувку ствола азотом. Процес відрегульований таким чином, що він повторюється з частотою 3-4 рази в секунду.

Детонаційне напилення використовують, в основному, для одержання твердих зносостійких покриттів з карбідів, що містять невелику кількість металевих домішок, а також різних оксидів та їх сумішей.

Установка працює до досягнення необхідної товщини покриття, яка на практиці, зазвичай дорівнює 0,25-0,3 мм. Покриття, отримані детонаційним напиленням, відрізняються великою щільністю і високою міцністю зчеплення з основою.

### Електродугове напилення.

При електродуговому напилюванні (рис. 6) два дроти з напилюваного металу діаметром 1-2 мм з'єднані з електричним джерелом живлення, безперервно подаються за допомогою механізму подавання напрямними наконечниками. У точках їх зближення виникає електрична дуга, яка розплавляє метал. Останній, стиснутим повітрям або інертним газом, який подається по каналах металізатора (газотермічне напилення у літературі часто називають металізацією), переноситься на поверхню зі швидкістю 100-300м/с у вигляді частинок розміром 3-300мкм.

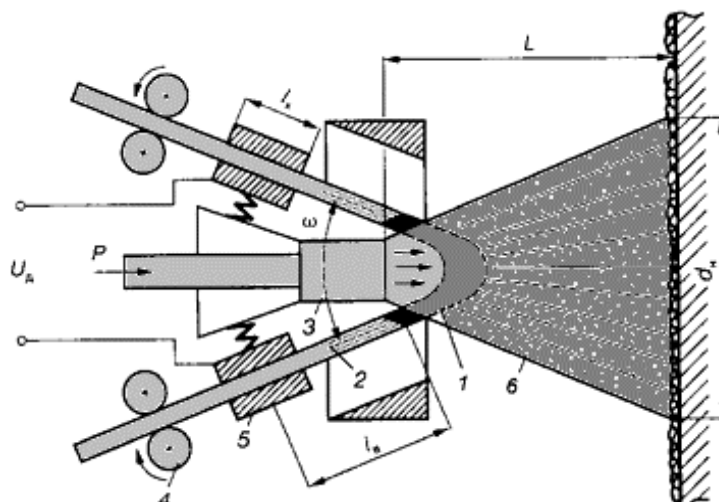


Рис. 6 – Схема електродугового напилення: 1 – електрична дуга; 2 – дріт; 3 – сопло; 4 – механізм подавання дроту; 5 – контактні пристрої; 6 – струмінь напилюваного матеріалу;  $l_v$  – довжина вильоту дроту;  $U_d$  – електрична напруга

Частинки металу, взаємодіючи із зовнішнім середовищем під час польоту, покриваються оксидною плівкою. У разі зіткненні з поверхнею деталі ця плівка за рахунок кінетичної енергії частинок руйнується, утворюючи на поверхні суцільне шарувате покриття з великою кількістю пор і оксидів. Зчеплення частинок з поверхнею відбувається за рахунок адгезії і механічного зчеплення з шорсткою поверхнею.

Для електродугового напилювання використовують дроти Нп-30, Нп-30ХГСА, Нп-30Х13 діаметром 1,2-2,5мм.

Приблизний режим процесу: напруга 25-40В, сила струму 80-160А, швидкість подавання дроту 0,6-1,5м/хв, тиск повітря 0,4-0,6МПа, відстань від сопла до деталі 80-100мм. Застосовують ручні (ЕМ-3, ЕМ-9) і стаціонарні (ЕМС-1, ЕМ-12) металізатори.

Основними характеристиками електродугового напилення є висока продуктивність процесу, яка може досягати 50 кг/год і високій енергетичний ККД розпилення, який може бути 0,7-0,9. До недоліків можна віднести необхідність використання для напилення тільки дротові матеріали, і вигорання легуючих елементів, а також зниження втомлюваної міцності.

### Плазмове напилення.

Плазмовий розпилювач був розроблений у 1956 р. фірмами Gianini Corp. і UC на основі робіт Сміта (пат. 2157498, 1939 р.), який

запропонував пристрій для нанесення покриттів, що містить катод у формі стрижня і анод у формі сопла.

Процес плазмового напилення здійснюють за схемою, представленою на рис. 7, де  $h_1$  – відстань від зрізу сопла до напилюваної поверхні;  $T_ч$  – температура частинки;  $T_п$  – температура підкладки;  $q$  – тепловий потік, що надходить в підкладку.

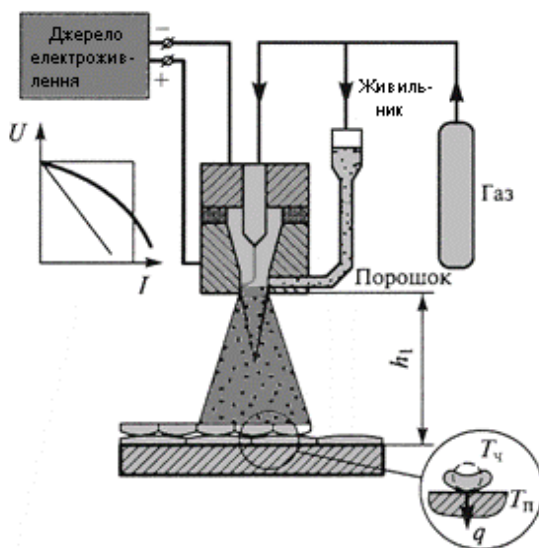


Рис. 7 – Схема процесу плазмового напилення

## Плазмово-дугове напилення.

полягає у тому, що метал, розплавлений плазмовим струменем, розпилюється і наноситься на відновлювану поверхню тими ж газами, які застосовуються для плазмоутворення і захисту. Плазмовий струмінь одержують пропусканням газу через дуговий розряд у вузькому каналі плазмового пальника, що охолоджується водою.

Плазмове напилення здійснюється за допомогою плазмового струменя. Температура плазми в ядрі – 20 000-30 000 °К, швидкість струменя – 300-2000 м/с. Між водоохолоджуваними катодом і анодом від джерела електроживлення, запалюється електрична потужнострумова дуга. Величину струму можна регулювати від 80 до 600 А.

В проміжок дуги подають плазмоутворюючий газ (аргон, азот, суміш  $AgN_2$ , повітря тощо). При контакті з дугою газ нагрівається і, прискорюючись, виходить з сопла у вигляді струменя низькотемпературної плазми. Температура струменя від  $2 \cdot 10^3$  до  $15 \cdot 10^3$ °К. Швидкість струменя від 200 до  $2 - 3 \cdot 10^3$  м/с (рис. 8).

В струмінь від спеціального живильника подають порошок,

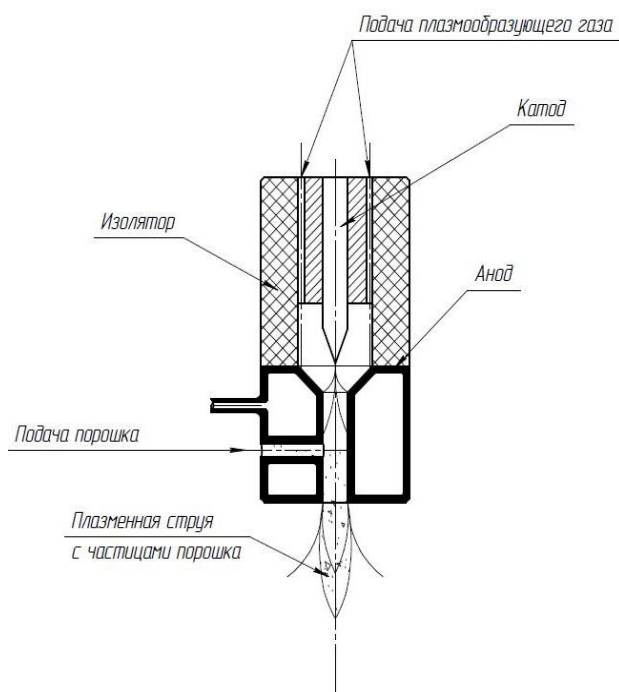


Рис. 8 – Принципова схема плазмового розпилювача.

який прискорюється, розплавляється і осідає на підкладці, утворюючи покриття. Плазмові покриття мають високу щільність і міцність зчеплення з основним металом.

За допомогою плазмового струменя, який має високу температуру, можна наносити будь-які тугоплавкі матеріали, карбіди, бориди, оксиди з високою швидкістю і рівномірністю. Застосування для плазмоутворення і захисту нейтральних газів, аргону,

азоту та їх сумішей сприяє мінімальному вигоранню легуючих елементів і окисленню частинок.

Режими плазмового наплавлення з використанням різних присадних матеріалів наведені у табл. 1.

**Таблиця 1 – Режими плазмового наплавлення**

Вид плазмової обробки	Струм, А	На-пруга, В	Плазмо-утворювальний газ і його витрата, л/год	Транспортуючий газ і його витрата, л/год	Швидкість подачі електродного дроту, м/год	Швидкість наплавлення, м/год	Відстань від сопла пальника до поверхні деталі, мм
Наплавлення із застосуванням присадного дроту	180-260	40-45	Аргон 120-180	-	6-24	9,6	10-20
Наплавлення порошку Сормайт № 1	180-260	40-45	Аргон 90	Азот 240-360	-	9,6	10-12
Напилювання порошку	250-350	80-90	Аргон 1500	Аргон 1500	-	9,6	120-150
Оплавлення порошку	300-320	80-90	Азот 1500	-	-	9,6-12,0	65-70

Плазмово-дугове наплавлення застосовують для відновлення деталей із зносом 0,1-1,5мм, а також для нанесення стійких антифрикційних покриттів.

#### **Високочастотне плазмове напилення.**

При цьому способі для розплавлення присадкового матеріалу використовують принцип індукційного нагрівання, а розпилення матеріалу і перенесення його до робочої поверхні відновлюваної деталі здійснюють за рахунок струменя стиснутого газу.

На рис. 9 надана схема розпилювальної головки апарату високочастотного напилення, де присадним матеріалом є металевий дріт. До основних складових одиниць розпилювальної головки відносяться: індуктор 4, як джерело живлення якого використовують генератор струму високої частоти; концентратор струму 3, що забезпечує розплавлення металевого дроту на невеликій ділянці його

довжини; систему охолодження індуктора; регульовану в межах 0,4-0,6 МПа систему стиснутого газу 5, за допомогою якої здійснюють розпилення розплавленого металу і перенесення його до робочої поверхні відновлюваної деталі 1; систему подачі металевго дроту, до складу якої входять направляючий канал 8, використовуючи який, дріт подають до горілки валиками 7, що рухаються із швидкістю 0,46-1,20 м/хв. за допомогою електропривода.

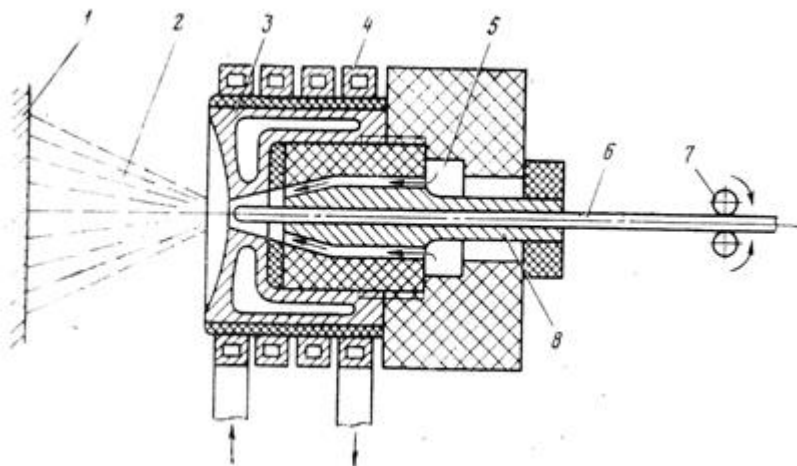


Рис. 9 – Схема розпилювальної головки апарату високочастотного напилення.

Принцип дії розпилювальної головки полягає в тому, що металевий дріт за допомогою системи подачі доставляють до індуктора і концентратора струму, де він нагрівається і розплавляється вихровим струмом, який виникає під дією змінного магнітного поля, яке створилось під час проходження струму високої частоти через котушку індуктора. Розплавлений метал розпилюється струменем повітря і наноситься на відновлювану деталь. При напилюванні металів, які взаємодіють з киснем, замість стиснутого повітря застосовують інертні гази. Тоді процес напилення виконують у камері з інертними газами.

До переваг високочастотного напилення відносять незначне окислення металу завдяки можливості регулювання температури нагрівання металевго дроту при його плавленні і високу механічну міцність покриття, до недоліків - порівняно невисоку продуктивність процесу та складність і високу вартість обладнання.

Для напилення покриттів використовують порошки як загальнопромислового призначення, так і спеціалізовані з розміром частинок від 5 до 200 мкм.



Спеціалізовані порошки часто випускають трьох класів: ОД – особливо дрібні; Д – дрібні і С – середні. Фракційний склад часток в межах одного класу для різних матеріалів неоднаковий. Як правило, клас ОД включає в себе частинки діаметром 40-100 мкм, клас Д – 100-280 мкм, клас С – 280-630 мкм.

В якості однокомпонентних порошків використовують метали (алюміній, цинк, вольфрам, тощо), оксиди ( $Al_2O_3$ ;  $ZrO_2$  тощо), карбіди (WC, SiC тощо), бориди (WB,  $ZrB_2$ ,  $CrB_2$  тощо), нітриди (AlN, ZrN, TiN, HfN тощо) і силіциди ( $MoSi_2$ ,  $Cr_3Si$ ,  $TaSi_2$  тощо). Зазвичай, однокомпонентні порошки одержують розпилюванням розплавів або їх відновленням. При газотермічному напиленні, головним чином, застосовують однокомпонентні порошки, основна перевага використання яких полягає в отриманні покриттів з однорідним хімічним складом і структурою.

В якості багатокомпонентних порошків можуть бути використані механічні суміші металів, оксидів, сплавів, карбідів, боридів, графіт (алмаз), тверді мастила тощо.

Широке застосування знайшли такі сплави елементів, як Fe-C, Ni-Al, Ni-Cr, Ni-Al, Cu-Sn. Структура часток може бути як гомогенною, так і гетерогенною.

В останні роки, активний розвиток отримали методи виготовлення порошків, що забезпечують наявність у кожній частці комплексу всіх вихідних компонентів. При цьому, всі частинки порошку мають однакові: масу, хімічний склад, щільність, теплопровідність і т.д. Для досягнення цього розроблені технології отримання порошків плакованого і конгломератного будови. Такі порошки називають композиційними.

Композиційні порошки розділяють на дві групи: екзотермічно реагуючі і термонейтральні і складаються з двох або більше різних за властивостями компонентів, розділених між собою чіткою межею.

### **Електроіскрове нарощування.**

При електроіскровій обробці металевих поверхонь використовують енергію імпульсних іскрових розрядів між електродами в газовому або рідкому середовищі. Сутність нанесення покриттів і зміцнення поверхонь полягає в тому, що іскровий розряд руйнує матеріал інструменту (катода), а продукти його ерозії переносяться в газовому середовищі на заготівлю (анод). Перенесення металу на

поверхню заготовки формує покриття хімічного складу, близького до складу матеріалу електрода. Покриття має міцне зчеплення з основою, оскільки його утворення супроводжується дифузійними процесами при високій температурі.

Покриття складається з трьох шарів. Перший шар – це термодифузійна зона покриття і основного металу. В шарі утворюються складні хімічні сполуки, нітриди і карбонітриди. Другий, що не травиться (білий) шар являє собою твердий розчин легуючих або карбідоутворюючих елементів, що входять до складу електродного матеріалу. Третій – зовнішній шар сформований з фрагментів застиглого металу і оксидів.

Нанесення твердих зносостійких покриттів товщиною до 0,1 мм відносять до зміцнення, а нанесення будь-яких покриттів більшої товщини – до наплавлення. При відновленні поверхонь, що беруть участь у терті, можна наносити покриття товщиною до 0,25 мм, а на поверхні нерухомих з'єднань – до 1,5 мм.

За допомогою електроіскрової обробки відновлюють зношені деталі і зміцнюють ріжучі кромки інструментів (різців, фрез, штампів та ін) нанесенням твердих сплавів, а також змінюють властивості поверхонь деталей шляхом надання їм протикорозійних, жаростійких, фрикційних і антифрикційних якостей. Відновлюють шийки валів і осей, поверхні отворів під підшипники, зміцнюють тертьові поверхні замість термообробки. Спосіб одержав поширення при відновленні деталей паливної апаратури дизелів і золотників гідророзподільників, виготовлених із сталі 15X і мають твердість 56-63 HRC. Стійкість ріжучої частини інструментів в результаті зміцнення збільшується до двох разів. Зносостійкість деталей після електроіскрового зміцнення підвищується в 3-8 разів.

Для електроіскрового зміцнення застосовують матеріали (електроди): металокерамічні тверді сплави ВК6-ОМ, ВК-8, Т15К6, ТТ15К10-МУ, Т30К4, Т60К4, ТН-20 круглого і прямокутного перерізу; мідний дріт; бронзу Бр.АЖ10-3, Бр.АЖМц10-3-1,5, Бр.АЖН10-4-4, ВБр.5М та ін.; аналог реліта ДКВ; алю-мінієво-олов'янисто-мідний сплав АОМ; сплави ВЖЛ-2, ВЖЛ-2М, ВЖЛ-13, ВЖЛ-17, В56, ЖСН-Л; сталі 65Г, 20Х13, 95Х18, ШХ-15 і ін. Застосовують також сормайт, стеллит і вольфрам.

Покриття наносять конденсаторними установками, наприклад «Елітрон-344» з електромагнітними вібраторами, що забезпечують періодичний контакт інструменту і заготовки (рис. 10).

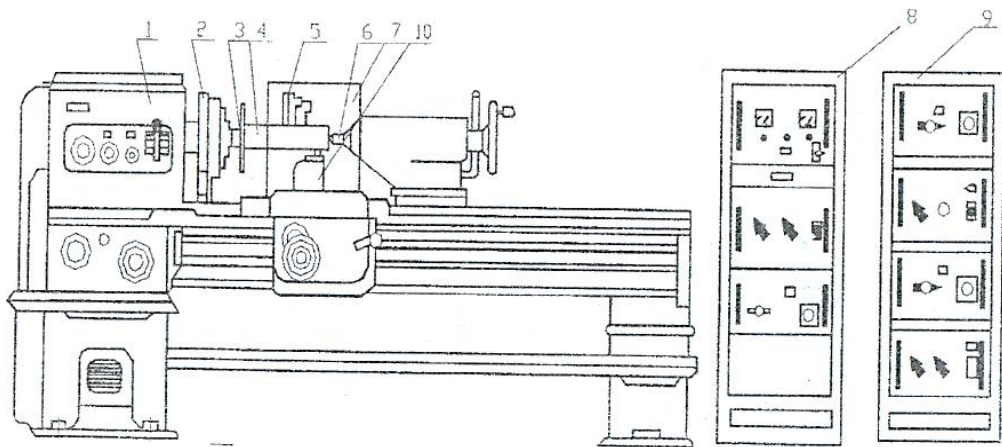


Рис. 10 – Схема установки «Елітрон-344»: 1 – токарний верстат 1К62; 2 – трикулачковий патрон з струмознімачем; 3 – оправка; 4 – оброблювана деталь; 5 – обробна головка; 6 – центр; 7 – екран; 8, 9 – генератори; 10 – обкатник

Режими нанесення покриттів наведено в табл. 2.

Найбільше поширення отримали установки моделей ЕФІ-46А, -23М, -25М, -54А. Застосовуються модернізовані мобільні прилади типу «Елітрон»: «Елітрон-22А», «Елітрон-22Б», «Елітрон-22БМ», «Елітрон-52БМ» і дві моделі установок «Вестрон»: «Вестрон-005» і «Вестрон-006».

**Таблиця 2 – Режими електроіскрової обробки**

Режим	Сила робочого струму, А	Сила струму короткого замикання, А	Напруга, В
Чистовий	0,5-0,7	2,5	15
	0,8-1,2	3,0	25
Середній	1,2-1,5	3,5	45
	1,6-2,0	4,5	75
Чорновий	2,0-2,5	4,8	140
	2,6-3,0	5,0	200

Технологічні переміщення інструменту виконують як вручну, так і з застосуванням засобів механізації. В обох випадках, переміщення електрода, тривалість обробки, режими по струму, амплітуді і частоті вібрації електрода вибирають так, щоб покриття мало максимальну суцільність, рівномірну товщину і рівну поверхню, що відбиває світло.

## Лекція № 8

### Електролітичне нарощування деталей і застосування полімерних матеріалів при виробництві та ремонті деталей.

#### Процес електролітичного осадження металів та його основні характеристики

Електролізом називають хімічні процеси, які відбуваються на електродах під час проходження електричного струму через електроліти (рис. 1). Електроліти – кислоти, луги і солі, розчинені у воді, які дисоціюють, розпадаючись при цьому на позитивні і негативні іони. Вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) є слабким електролітом і дисоціює на іони водню ( $2\text{H}^+$ ) і гідроксиду ( $\text{OH}^-$ ). При дисоціації іони металів і водню одержують позитивний заряд (катиони) і, переміщуючись у процесі електролізу до поверхні катода (електрод, з'єднаний з негативним полюсом джерела струму), поповнюються електронами, тобто відновлюються (електровідновлення) і перетворюються у нейтральні атоми.

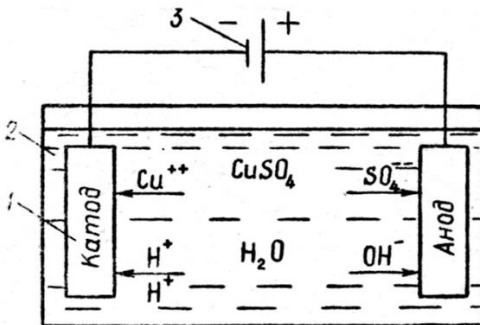


Рис. 1 – Схема установки для електролітичного осадження металу:

- 1 – деталь;
- 2 – електроліт;
- 3 – джерело струму

Під час електролізу основним процесом на катоді є виділення металу із супутнім виділенням водню, а на аноді – кисню. Катодом є виріб, який покривають, а анодом – металічні пластини, стержні або інші металічні конструктивні форми. Електроліз металів може здійснюватись із розчинними (наприклад, при залізненні) або нерозчинними (при хромуванні) електродами.

Параметри, які характеризують електроліз, ґрунтуються на законах Фарадея і визначають основні технологічні режими електролітичних покриттів.

#### Вплив умов електролізу на структуру та властивості покриттів

Оскільки на катоді одночасно з осадженням металу виділяється водень, а також можуть протікати й інші відновлювані про-

цеси (без виділення яких-небудь речовин), на які витрачається частина струму, то дійсна маса осадженого металу буде менша розрахункової за формулою Фарадея. Відношення дійсної кількості речовини ( $m_{\text{д}}$ ) до теоретичної ( $m_{\text{т}}$ ) називається виходом за струмом ( $\eta$ ) або коефіцієнтом корисної дії (ККД) ванни, вираженим у відсотках:

$$\eta = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{т}}} 100. \quad (1)$$

При розрахунках технологічних режимів електролітичних процесів користуються питомим параметром – щільністю струму, який визначають як відношення сили струму до площі поверхні деталі (катода), яку покривають:

$$D_{\text{к}} = \frac{I}{S_{\text{к}}}, \quad (2)$$

де  $D_{\text{к}}$  – катодна щільність струму, А/дм<sup>2</sup>;

$I$  – сила струму, А;

$S_{\text{к}}$  – площа катода, дм<sup>2</sup>.

Аналогічно можна визначити і анодну щільність струму  $D_{\text{а}}$ .

Для визначення товщини  $h$  приблизно рівномірно осадженого металопокриття виразимо його масу через об'єм і питому масу металу ( $\gamma$ ):

$$m_{\text{ф}} = S_{\text{к}} h \gamma. \quad (3)$$

Використовуючи співвідношення (1), (2) і (3), одержимо залежність для розрахунку товщини осадженого металу:

$$h = \frac{c D_{\text{к}} t \eta}{1000 \gamma}. \quad (4)$$

Розмірність параметрів:  $c$ , г/А·год;  $D_{\text{к}}$ , А/дм<sup>2</sup>;  $t$ , год;  $\eta$ , %;  $\gamma$ , г/см<sup>3</sup>;  $h$ , мм.

За формулою (4) визначається середня товщина покриття металу, оскільки в дійсності більшість електролітів дають нерівномірні осадки, тобто мають обмежену розсіювальну здатність, під якою розуміється властивість електролітів забезпечувати рівномірність за товщиною покриття на катодах (деталях) складної форми, елементарні поверхні яких розміщені на різних відстанях від аноду (рис. 2).

Підготовка деталей до електролітичного нарощування передбачає механічну обробку, знежирювання, травлення.

Механічну обробку деталей виконують із метою видалення слідів зношування, надання поверхні правильної геометричної форми і одержання необхідної шорсткості (не нижче  $R_z=10$  мкм), для чого застосовують такі види обробки, як шліфування, притирання, полірування тощо.

Знежирювання проводять після механічної обробки в органічних розчинниках (бензин, уайт-спірит), а потім ізолюють місця, які не підлягають покриттю, кислотостійкими матеріалами (перхлорвінілова плівка або лак, клей БФ-2 тощо).

Травлення проводять для видалення окисних плівок і виявлення кристалічної структури поверхні деталі, що забезпечує надійне зчеплення покриття з основним металом. Деталі піддають хімічному або електрохімічному травленню.

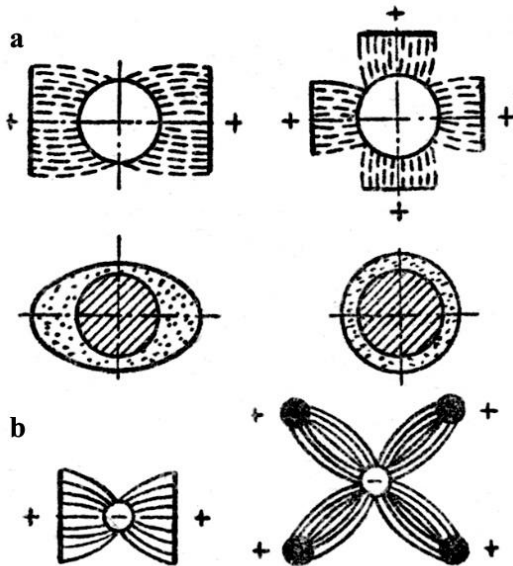


Рис. 2 - Вплив розміщення анодів (а) та їх форми (б) на характер силових ліній і рівномірність нарощування покриття

Деталі піддають хімічному або електрохімічному травленню.

Залізнення має ряд переваг перед іншими процесами електролітичного осадження металів за рахунок застосування дешевих і розповсюджених матеріалів (рис. 3). При цьому вихід за струмом становить 80-90%, твердість покриття – до 7800МПа. Є можливість одержання осадків товщиною до 2мм.

Для гальванічного осадження заліза застосовують два види електролітів, які розрізняються за температурою процесу – холодні і гарячі.

Гарячі електроліти (понад 50°C) потребують більшої витрати енергії для підтримання високої температури, частого їх коригування, відведення шкідливих випаровувань тощо. Однак вони широко використовуються для відновлення деталей завдяки високій продуктивності процесу.

Холодні електроліти (менше 50°C) не мають вказаних недоліків і

до того ж стійкіші до окислення. Гарячі електроліти за складом поділяють на три групи: хлористі, сірчаноокислі та змішані. Частіше за все використовують хлористий електроліт, до складу якого входить хлористе залізо  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  – 200-500 г/л і хлористий натрій  $\text{NaCl}$  – 100 г/л.

Досить ефективним і перспективним у ремонтному виробництві є залізнення на асиметричному струмі у холодному електроліті, до складу якого входить сірчаноокисле залізо  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 200 г/л і хлорне залізо – 150-250 г/л.

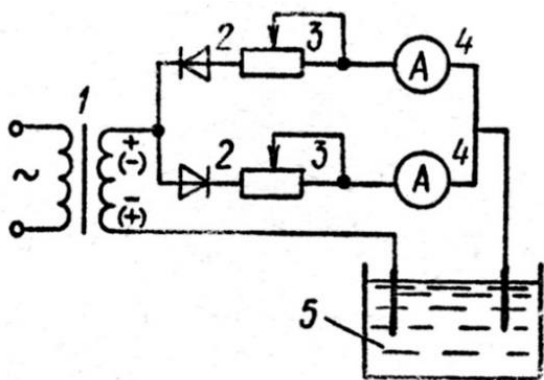


Рис. 3 – Схема установки для залізнення на асиметричному змінному струмі:

- 1 – знижувальний трансформатор;
- 2 – діоди ВК-50;
- 3 – реостати;
- 4 – амперметри;
- 5 – гальванічна ванна

Основні фактори, які впливають на властивості осадів заліза з холодних хлорних електролітів при використанні асиметричного змінного струму – катодна щільність струму  $D_k$  і коефіцієнт асиметрії  $\beta$ , (рис. 4).

Залежність твердості осадів заліза від коефіцієнту асиметрії і щільності струму наведена на (рис. 5).

Для залізнення застосовують аноди з маловуглецевої сталі. Відношення площі анодів до площі поверхні деталі (катода) приймають 2:1.

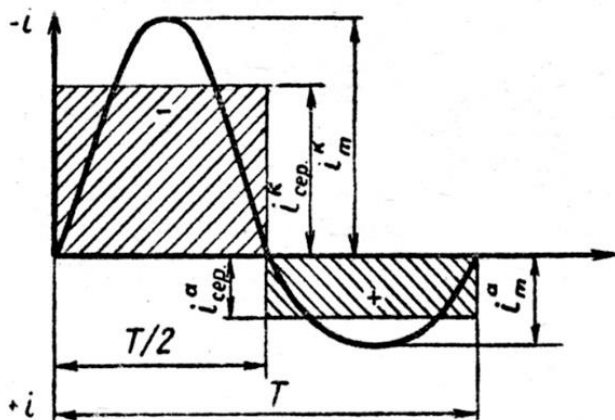


Рис. 4 – Форма асиметричного струму:

- $i_{\text{сер}}^k, i_{\text{сер}}^a$  – середній струм відповідно катодний і
- $i_m^k, i_m^a$  – амплітудний струм відповідно катодний і анодний

Електролітичне нарощування зношених поверхонь великогабаритних корпусних деталей і деталей складної конфігурації. Для таких деталей рекомендують застосовувати позаванне залізнєння (рис. 6), суть якого полягає в тому, що у зоні нанесення покриття утворюється місцева ванна.

Для позаванного залізнєння (наприклад, отворів у чавунних корпусах коробок передач) рекомендують використовувати висококонцентрований електроліт складу:

700 г/л  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  і 50 г/л  $\text{MnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , процес вести на асиметричному змінному струмі на режимі:  $T_k = 120$  с,  $T_a = 12$  с,  $D_k = D_a = 40-60$  А/дм<sup>2</sup>,  $t = 80^\circ\text{C}$ . За таких умов одержують якісне покриття товщиною до 1,3мм при середній швидкості осадження металу 0,30-0,32 мм/год.

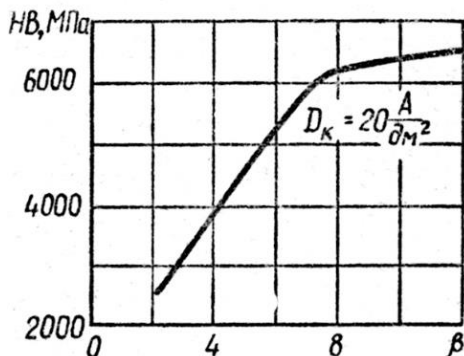


Рис. 5 – Залежність твердості осадів від коефіцієнту асиметрії

Хромування надає деталям стійкості проти зношування, корозії, а також гарний зовнішній вигляд. Поряд з цим процес хромування малопродуктивний і має високу собівартість.

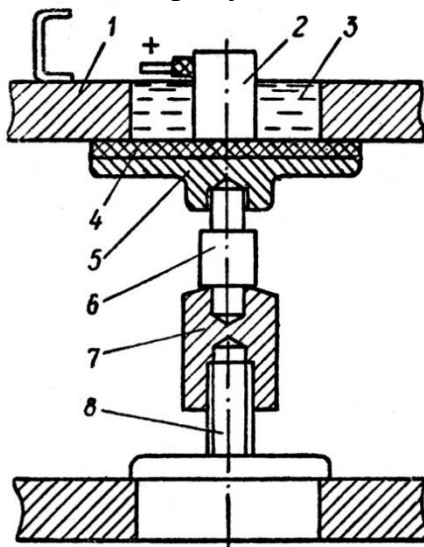


Рис. 6 – Схема нарощування поверхні отвору позаванним залізнєнням:

- 1 – деталь;
- 2 – анод;
- 3 – електроліт;
- 4 – гумова прокладка;
- 5 – диск;
- 6 – упорний стержень;
- 7 – гайка;
- 8 – гвинт

Для хромування найчастіше застосовують електроліти, які складаються з хромового ангідриду  $\text{CrO}_3$  і сірчаної кислоти  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , розчинених у дистильованій воді. З універсального електроліту, змінюючи щільність струму і температуру, можна одержати блискучі,



молочні і матові (сірі) осадження.

Блискучі осадження одержують при  $t = 55^{\circ}\text{C}$  і  $D_k = 35-70$  А/дм<sup>2</sup>. Вони рекомендуються для нарощування деталей, що працюють при питомих навантаженнях до 2,5 МПа (сухе тертя) і 3,9-4,9 МПа (рідинне тертя).

Молочні осадження одержують при  $t = 60^{\circ}\text{C}$  і вище,  $D_k = 25-35$  А/дм<sup>2</sup>. Вони характеризуються хорошою змочуваністю і достатньою в'язкістю.

Матові (сірі) осадження хрому одержують при високій щільності струму  $D_k = 70-100$  А/дм<sup>2</sup> і температурі  $t = 35-50^{\circ}\text{C}$ . Вони мають велику твердість та крихкість, низьку стійкість проти зношування.

Міднення застосовують для відновлення зовнішнього діаметра бронзових втулок і утворення підшару під час нікелювання тощо.

Нікелювання як основне покриття інколи застосовують для захисту деталей від корозії і з декоративною метою, а частіше – як підшар при декоративному хромуванні.

Електролітичне осадження металів натиранням доцільно за-

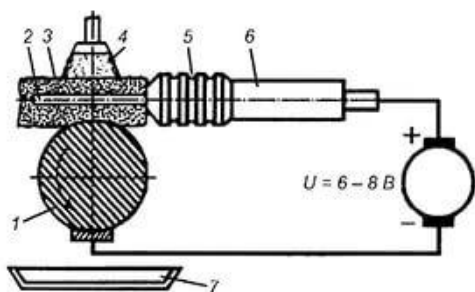


Рис. 7 Схема електролітичного осадження металів натиранням

стосовувати при відновленні посадочних місць валів і осей, а також для нанесення покриттів на поверхні отворів під підшипники у корпусних деталях. Суть способу (рис. 7) полягає в тому, що анод – вугільний стержень 2, покритий тампоном з вати або сукна 3, до якого підводиться електроліт 4, переміщується відносно нарощуваної поверхні.

### Полімерні матеріали при ремонті деталей

Полімерні матеріали поділяються на дві групи: термопластичні (термопласти) і термореактивні (реактопласти).

Термопласти під дією тепла у процесі переробки плавляться, а при охолодженні твердіють. При цьому в них не відбуваються хімічні реакції. Під час повторного нагрівання вони знову переходять у пластичний стан, але їх фізико-механічні властивості погіршуються.

З термопластів у ремонтному виробництві використовують поліамідні смоли, які добре працюють в умовах тертя ковзання після нанесення їх на поверхню деталі тонким шаром (до 0,2-0,7мм). Застосовують термопласти для ремонту і виготовлення деталей.

Реактопласти під дією тепла при переробці спочатку розм'якшуються і частково плавляться, а потім у результаті хімічних реакцій переходять у неплавкий – твердий і нерозчинний стан (процес незворотний).

### **Засоби відновлення зношеного шару полімерними матеріалами**

Нанесення тонкошарових покриттів у псевдостиснутому шарі використовують для відновлення зношених поверхонь деталей хімічного й антикорозійного захисту, поліпшення антифрикційних властивостей поверхонь тертя, створення електро- і теплоізоляції, а також для декоративних цілей. Суть процесу полягає в тому, що деталь, нагріту до температури на 30-50°C вище температури плавлення полімеру, занурюють на деякий час у завислий, так званий псевдо стиснутий, шар полімерного порошку (рис. 8 а, б).

Нанесення покриттів газополуменевим способом використовується для вирівнювання нерівностей на деталях кабін, оперенні і облицюванні тракторів та автомобілів, нанесення на поверхні деталей електро- і теплоізоляційних, декоративних і захисних покриттів (рис. 8 с).

Сутність способу полягає в тому, що струмінь повітря із завислими у ньому частинками порошкового полімеру пропускають через факел ацетиленового полум'я. При температурі 650-700°C і вище полімерний матеріал унаслідок значної швидкості проходження через зону полум'я (20-30 м/с) розм'якшується до пластичного стану і при ударі по підготовленій поверхні деталі зчіплюється з нею, утворюючи суцільне полімерне покриття.

Ремонт і виготовлення деталей з термопластичних полімерних матеріалів литтям під тиском або пресуванням застосовують для одержання покриттів на зношеній поверхні деталі з достатньо високим ступенем точності, а також для виготовлення нових і ремонтних деталей (рис. 8 d, e).

Технологія виготовлення деталей литтям під тиском така. Полімерний матеріал, попередньо розплавлений і нагрітий на 50-70°C вище точки плавлення в інжекційному циліндрі ливарної машини, подається плунжером або черв'яком (шнеком) у формуючі гнізда

ливарної прес-форми під тиском 10-20 МПа.

Зароблювання тріщин із застосуванням полімерних матеріалів використовують для ремонту блоків і головок блока циліндрів, картерів коробок передач, корпусів задніх мостів, баків та інших деталей (рис. 9). При цьому користуються епоксидними смолами ЕД-16 і ЕД-20, які затвердівають під дією затвердника. Для підвищення еластичності і ударної міцності смоли до її складу вводять пластифікатори. Крім того, до складу епоксидної композиції додають наповнювач, за допомогою якого поліпшуються фізико-механічні або антифрикційні властивості, підвищується теплостійкість, теплопровідність і знижується вартість.

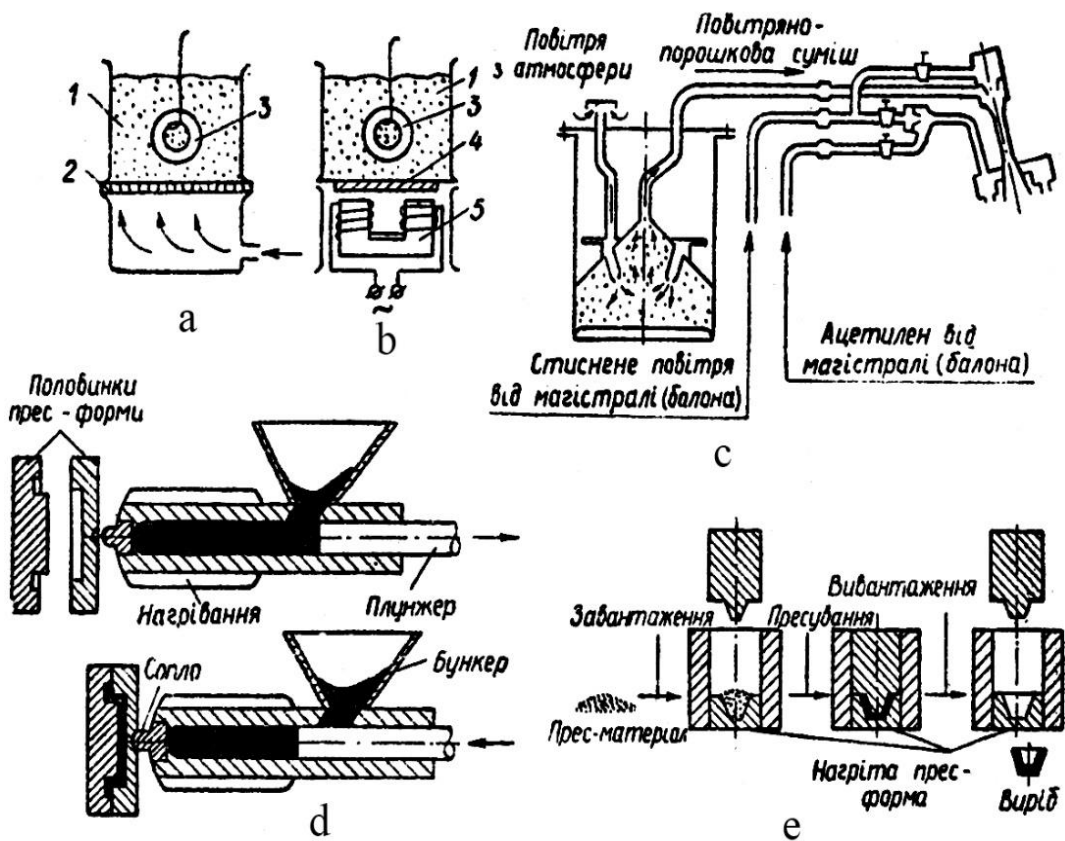


Рис. 8 – Схеми нанесення полімерних матеріалів: а, б – відповідно вихровий вібраційний способи нанесення покриттів; 1 – камера з порошком полімеру; 2 – пориста перегородка; 3 – деталь; 4 – гумова діафрагма із залізною пластиною; 5 – електромагніт; с – схема роботи установки для газополуменевого напилювання полімерних покриттів; d – схема лиття під тиском; е – схема переробки термоактивних матеріалів методом пресування

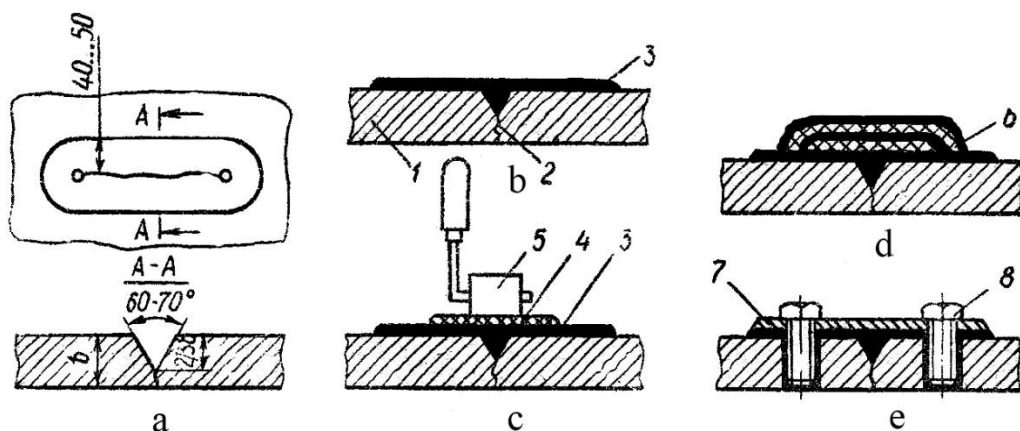


Рис. 9 – Схеми ремонту тріщин епоксидною композицією: *a* – розроблювання тріщин під заробку епоксидною композицією; *b* – нанесення першого шару епоксидної композиції; *c* – накладання накладки на тріщину і прикочування роликом; *d* – нанесення епоксидної композиції на другу накладку; *e* – зароблювання тріщини при її довжині понад 150мм: 1 – деталь; 2 – тріщина; 3 – епоксидна композиція; 6 – накладки із склотканини; 5 – ролик; 7 – металічна накладка; 8 – болт

### Застосування синтетичних клеїв.

Одним із найвідоміших технологічних процесів з використанням клеїв є наклеювання антифрикційних накладок на гальмівні колодки і диски зчеплення.

Анаеробні клеї – це однокомпонентні матеріали, які твердіють при кімнатній температурі за умови відсутності контакту з киснем. Рідкий компонент затвердіння залишається неактивним до того часу, поки він знаходиться у контакті з атмосферним киснем. Якщо клей позбавлений доступу атмосферного кисню, наприклад, при з'єднанні деталей відбувається швидке затвердіння – особливо при одночасному контакті з металом. Це затвердіння може бути представлене таким чином: при припиненні надходження атмосферного кисню формуються вільні радикали під дією іонів металу (Cu, Fe), ці вільні радикали сприяють початку процесу полімеризації (рис. 10).

Використовуються для герметизації пор литва і зварних швів, ущільнення плоских роз'ємних з'єднань, фіксації гладких циліндричних з'єднань (рис. 11), а також для фіксації, і ущільнення різьби, запобігає самовідкручуванню, забезпечує захист різьбового з'єднання від корозії (рис. 12).

Акрилові клеї. Клеї призначені для склеювання і герметизації

плоских і гладких циліндричних з'єднань. Акрилові клеї відрізняються великою швидкістю затвердіння і високою міцністю при відриві.

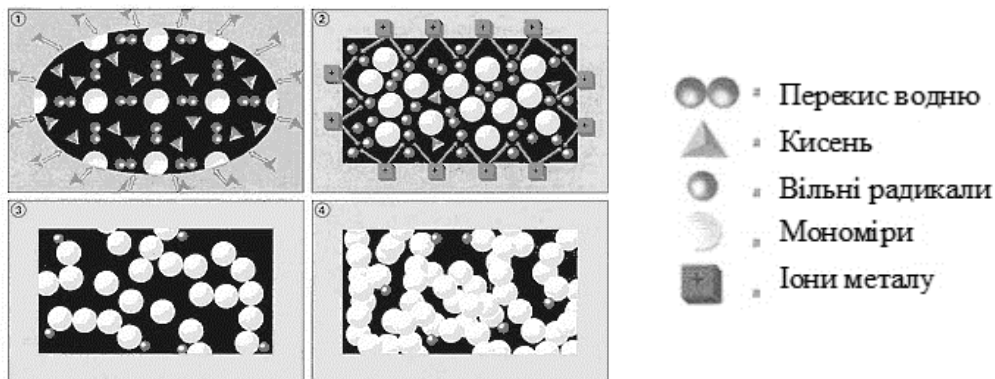


Рис. 10 – Полімеризація клеїв при анаеробній реакції

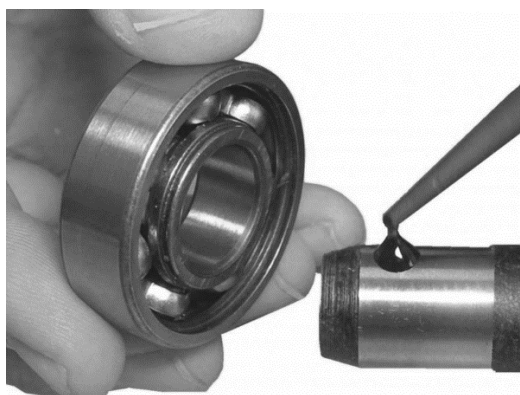


Рис. 11 – Схема застосування анаеробних клеїв для посадочних місць

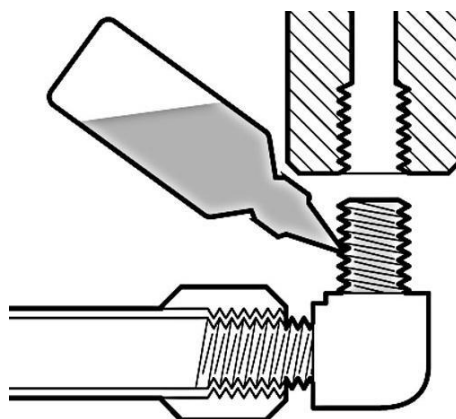


Рис. 12 – Схема застосування анаеробних клеїв для нарізних з'єднань

Застосовуються для склеювання різних матеріалів: металу, скла, багат шарового скла, кераміки, пластмаси.

Еластимери. Для відновлення гумової поверхні, а також усунення її дефектів використовують еластимери. Це полімери, що мають при звичайних температурах високоеластичні властивості, тобто здібні до величезних зворотних деформацій розтягування. Завдяки своїй будові, еластимери дуже швидко повертаються в початковий стан, тобто – мають велику еластичність.

## Лекція № 9

### Основні способи відновлення і зміцнення деталей

#### Відновлення деталей пластичним деформуванням

Ремонт (відновлення) деталей пластичним деформуванням ґрунтується на здатності металів змінювати свою форму під тиском. Пластичне деформування можливо під час нагрівання деталей і без нього.

Ремонт деталей пластичним деформуванням має низку переваг: простий, не трудомісткий, якісний і не потребує застосування додаткових матеріалів. До недоліків способу належать: зміна механічних властивостей деталі, витрати на нагрівання і порушення термообробки під час нагрівання, можливість появи тріщин, особливо в разі деформування деталей у холодному стані, а також необхідність виготовлення спеціальних штампів. На практиці застосовують такі види ремонту (відновлення) деталей пластичним деформуванням: роздавання, обтискання, витягування, осадження, вдавлювання.

Роздавання застосовується для відновлення геометричної форми і розмірів деталі при зношенні зовнішньої поверхні. Під час роздавання напрямок прикладеної сили  $P_d$  (рис. 1, *a*) збігається з напрямком деформації  $\delta$ . Спосіб застосовують під час відновлення деталей типу втулок, порожнистих пальців, шліцьових валів.

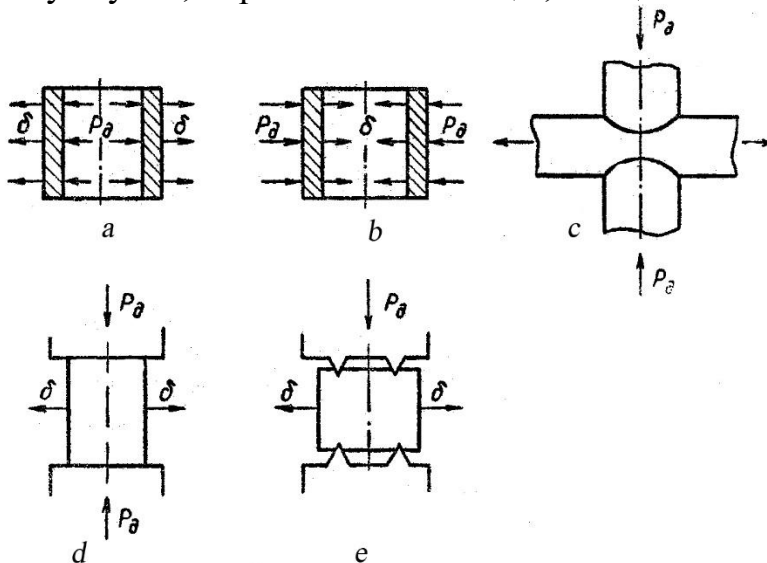


Рис. 1 – Схеми компенсації зношеного шару пластичним деформуванням: *a* – роздавання; *b* – обтискання; *c* – витягування; *d* – осадження; *e* – вдавлювання

Технологічний процес ремонту полягає у продавлюванні через отвір деталі кульки або спеціального пуансона. Цей вид пластичного деформування широко застосовується для ремонту поршне-вих пальців тракторних двигунів. Пальці піддають високому відпуску, потім продавлюють пуансон через внутрішній отвір пальця. Діаметр пуансона має бути вибраний відповідно до внутрішнього діаметра отвору у пальці і забезпечувати при цьому припуск на механічну обробку зовнішньої поверхні пальця у межах 0,1мм. Потім поршневий палець загартовують і відпускають, а за необхідності – цементують, шліфують і перевіряють твердість. За допомогою магнітної дефектоскопії визначають наявність тріщин.

Тонкостінні поршневі пальці, втулки, а також деталі з кольорових металів роздають без відпуску, але, контролюючи якість ремонту, обов'язково перевіряють на відсутність тріщин.

Обтискання відрізняється від роздавання напрямком прикладеної сили і деформації (рис. 1, *b*) і застосовується для компенсації зношеного шару внутрішньої поверхні деталі.

Спосіб пластичного деформування обтисканням застосовується при ремонті деталей, для яких зменшення зовнішніх розмірів не має значення або під час ремонту деталей, зовнішня поверхня яких піддається відновленню іншими способами.

Витягування ґрунтується на тому, що напрямки прикладеної сили і деформації не збігаються (рис. 1, *c*). Витягування застосовують для подовження тяг, стрижнів, штанг та інших деталей. Компенсація довжини деталі відбувається за рахунок зменшення поперечного перерізу.

Витягування або ковальську відтяжку широко застосовують для ремонту зношених поверхонь робочих органів ґрунтообробних машин. Витягування, як правило, проводять із нагріванням деталі до 800-1200°C.

Осадження за напрямком прикладеної сили і деформації подібне до витягування (рис. 1, *d*). Цей вид пластичного деформування використовується для ремонту деталей із зношеною зовнішньою і внутрішньою поверхнями. Компенсація зносу відбувається за рахунок зменшення довжини деталі..

При вдавлюванні напрямки прикладеної сили і деформації не збігаються (рис. 1, *e*), як і під час осадження, але не змінюється довжина деталі, оскільки переміщення металу відбувається з неробочої частини деталі у зношену.

## Відновлення деталей поверхневим пластичним деформуванням

При поверхневому пластичному деформуванні (ППД) створюється наклеп, тобто поверхнєве зміцнення металу (рис. 2). Зерна металу витягуються у напрямку деформації, кристалічні решітки викривлюються, у результаті чого змінюється структура і властивості поверхнього шару: знижується пластичність і ударна в'язкість, але створюються сприятливі стискаючі напруження, збільшується втомна міцність (на 30-70%); підвищується твердість і стійкість проти зношування (у 1,5-2 рази). При ППД зменшується висота мікронерівностей (0,04 мкм) і утворюється поверхня з новим мікропрофілем.

Дробоструминна обробка (рис. 2, а) застосовується для зміцнення ресор, пружин, валів, зубчастих коліс, зварювальних швів тощо.

Наклепаний шар глибиною 0,5-0,7 мм створюється завдяки дії кінетичної енергії потоку дроби, який летить зі швидкістю 30-90 м/с під кутом  $70^\circ$ . Для цього застосовують дробоструминні установки: пневматичні (у соплі повітря стиснуте до 0,5-0,6 МПа) і механічні (з відцентровим дробоструминним колесом).

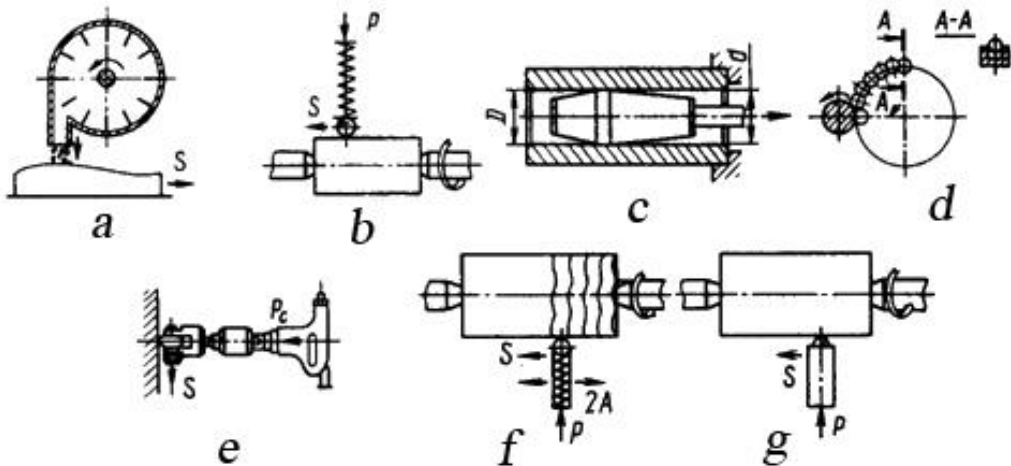


Рис 2 – Схеми поверхнього пластичного деформування (ППД).

Розмір і матеріал дроби вибирають залежно від розмірів обробки. Дріб виготовляють з відбіленого чавуну і сталюого пружинного дроту, які застосовують для обробки сталюих деталей. Для кольорових деталей використовують дріб з алюмінію.

Обкатування і розвальцьовування кульками та роликами (рис.2, б) обробляють циліндричні поверхні, канавки, галтелі, пло-



щини, фасонні поверхні тощо. Особливістю процесу обробки кульками є відсутність у них примусової осі обертання та їх самовстановлення відносно оброблюваної поверхні, простота і універсальність пристроїв, можливість досягнення високих контактних тисків за порівняно невеликих зусиль, поліпшення шорсткості поверхні.

Накатування (розвальцювання) кульками і роликками виконують за допомогою спеціальних пристроїв (накаток або розвальцювок), які закріплюють у різцетримачі токарно-гвинторізного або іншого металорізального верстата. Тиск під час накатування (розвальцювання) може бути створений тарованою пружиною, а також за допомогою пневматичного або гідравлічного силового механізму. Ці способи ППД рекомендується проводити із застосуванням мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) – масла індустріального або його суміші з 2-3% олеїною кислотою.

Припуск на зміцнення поверхні визначають залежно від вихідної шорсткості і орієнтовно приймають рівним висоті нерівностей або визначають за формулою:

$$\delta = 1,35(R'_z - R_z), \quad (1)$$

де  $R'_z$  і  $R_z$  – мікронерівності до і після обкатування, мкм.

Зусилля обробки залежить від твердості, пластичності і структури металу, шорсткості поверхні, конструкції деталі та інструменту. Мале зусилля не забезпечує повного зминання мікронерівностей, а велике – призводить до перенапруження і руйнування поверхні, деформації деталі і зниження строку служби інструмента.

Зусилля обкатування (розвальцювання)  $P$  визначають дослідним шляхом або за формулою:

при деформації кульками

$$P = \left( \frac{dq}{0,54E} \right)^2 q; \quad (2)$$

де  $d$  – діаметр ролика або кульки, мм;

$q$  – максимальний питомий тиск, МПа ( $q = (1,8-2,1) \sigma_T$ );

$E$  – модуль пружності оброблюваного матеріалу, МПа;

Поздовжня подача кульки дорівнює 0,1-0,3 мм/об, а ролика з циліндричним пояском – 0,2-0,6 мм/об.

Шорсткість поверхні залежить від кількості проходів інструменту і поліпшується із його збільшенням.

Обкатування (розгортання) дозволяє за один прохід помітно поліпшити шорсткість (від  $R_a=2,5-0,63$  мкм до  $R_a = 0,32-0,08$  мкм) і збільшити ступінь наклепу до 50%, а глибину – у межах 2-3 мм.

Дорнування (рис.2, с) – один із способів ППД для зміцнення і підвищення фізико-механічних властивостей отворів втулок (гідронасосів, турбокомпресорів, шатунів, шворнів тощо), кришок, стаканів.

Суть процесу полягає у протягуванні кульки або дорну відносно поверхні отвору з натягом, внаслідок чого відбувається пластична деформація металу, яка призводить до зміни форми і розмірів отворів і зміцнення поверхневого шару. Основним технологічним параметром дорнування є натяг

$$i = d_i - D_o, \quad (3)$$

де  $d_i$ ,  $D_o$  – діаметри інструменту і отвору до дорнування, а також відносний натяг  $i/D_o$ , зусилля і швидкість дорнування, геометричні характеристики дорна та товщина втулки.

За призначенням поверхневе дорнування може бути згладжувальним, калібрувальним і зміцнювальним.

Існує два різновиди дорнування отворів: з малим і великим натягом. Під час дорнування з малим натягом зона пластичної деформації поширюється на незначну глибину. У цьому випадку шорсткість поверхні і похибка форми зменшуються на 25-35 %. Під час дорнування з великим натягом зона пластичного деформування охоплює всю деталь, як результат чого збільшуються діаметри отвору і зовнішньої поверхні за одночасного зменшення розміру деталі вздовж осі оброблюваного отвору.

Отвори під дорнування попередньо обробляють чистовим розточуванням і розвертанням за 8-10-ми квалітетами точності при шорсткості  $R_a = 2,5-1,25$  мкм.

Під час дорнування застосовують оливу (для високоміцних сталей) або очищений гліцерин (чавунні деталі).

Дорнування забезпечує високу якість оброблюваних поверхонь, ( $D_o = 1,25-0,16$  мкм), підвищує довговічність деталей в умовах знакозмінних навантажень.

Інструментом при дорнуванні є оправки (одно- і багатоелементні, суцільні та складні) або кульки. Складні оправки виготовляють із твердого сплаву ВК8 або ВК15М, суцільні, із сталей ХВГ,

ШХ15, 9ХС твердістю HRC 62-64. Дорнування здійснюють на пресах, горизонтально- і вертикально-протягувальних верстатах.

Відцентрово-ударна обробка (рис.2, *d*) здійснюється за рахунок кінетичної енергії сталевих кульок, розташованих на периферії обертання диска. При обертанні диска, під дією відцентрової сили кульки відкидаються до периферії обода, взаємодіють з оброблюваною поверхнею і відкидаються всередину гнізда. Обробка поверхонь інструментами відцентрово-ударної дії легко здійснюється на токарних, шліфувальних, стругальних і інших верстатах. Інструменти відцентрово-ударної дії використовуються як за розмірно-числової, так і при зміцнюючій обробці. На шорсткість обробленої поверхні і на фізико-механічні властивості наклепаного шару великий вплив мають колова швидкість інструменту, колова швидкість деталі, величина натягу, поздовжня подача, кількість проходів, кількість деформуючих елементів в інструменті, діаметр кульки або ролика.

Колова швидкість є одним з важливих факторів, що впливають на шорсткість, ступінь і глибину наклепу і величину залишкових напружень. Зазвичай, колова швидкість приймається в межах 12-25 м/с, при цьому, обробка загартованих і твердих сталей проводиться з більшою коловою швидкістю, ніж обробка м'яких сталей і кольорових металів. Колова швидкість деталі приймається в межах 0,5-1,5 м/с, причому для досягнення поверхні з малою величиною шорсткості, слід встановлювати меншу колову швидкість деталі. Якісні характеристики обробленої поверхні залежать від натягу, з його збільшенням, зростає сила удару по виробу. Для різних умов обробки натяг може коливатися в межах 0,05-0,3 мм. Поздовжня подача на оборот деталі приймається в діапазоні 0,02-0,2 мм/об.

Карбування (рис.2, *e*) здійснюється шляхом ударної дії на оброблювану поверхню спеціальними бойками. В умовах ремонтного виробництва воно застосовується для зміцнення галтелей колінчастих валів, западин шліців, крупногабаритних деталей і підвищення фізико-механічних властивостей зварювальних швів та наплавленого металу. Карбування, порівняно з накатуванням і відцентровою обробкою, забезпечує більшу глибину (до 3-4мм) і високий ступінь зміцнення. Після карбування шорсткість обробленої поверхні збільшується, що потребує додаткового шліфування.

Карбування виконують за допомогою сферичних, еліпсоїдних, або спеціальної форми бойків з високоміцної інструментальної

сталі, або надтвердого матеріалу, які здійснюють зворотно-поступальний рух. Частота ударів знаходиться у межах 10-50Гц.

Діаметр робочої поверхні бойка  $D$  (діаметр вдавлюваної сфери) вибирають відповідно до заданої глибини зміцнення:

$$h/h_1 \leq D \leq 2,2h, \quad (4)$$

де  $h_1$  – глибина відбитку (лунки).

При цьому враховують ступінь деформування:  $\varepsilon = d/D$ , де  $d$  – діаметр відбитка. Необхідно, щоб  $0,7 \geq \varepsilon \geq 0,3$ .

Крім пристроїв, у яких підпружинений боек переміщується кулачковим механізмом, для ударного карбування використовують вібраційні ексцентрикові зміцнювачі, а також багатобойкові пневмоінструменти.

Обробка багатобойковим пристроєм забезпечує глибину наклепаного шару до 3 мм і підвищує опір втомлюваності зварного з'єднання на 80%, а міцність зварного з'єднання після обробки визначається міцністю металу.

Вібронакатування (вібровигладжування) (рис.2, *f*) поверхні сприяє скороченню тривалості припрацювання спряжених поверхонь, ефективності теплопередачі, скороченню трудомісткості виготовлення деталей підвищеної точності тощо.

Сутність вібронакатування полягає у тому, що, крім осьової подачі  $S$  (як при накатуванні або вигладжуванні), інструменту (кульки діаметром  $d_k$ ), підтиснутому до оброблюваної поверхні із силою  $P$ , надається зворотно-поступальний (осцилюючий) рух з частотою  $f$ , яка дорівнює частоті обертання вала електродвигуна, і амплітудою  $l$  уздовж осі деталі, що обертається з частотою  $n$ . У разі використання алмазного вигладжувача радіусом  $R_v$  процес називається вібровигладжуванням, оскільки він відбувається в умовах тертя ковзання.

Під час обкатування і вигладжування інструмент видавлює на поверхні канавку (під час вібронакатування – синусоїдальну).

Мікрорельєф, який одержують під час вібронакатування, за характером і щільністю синусоїдальних каналів поділяють на чотири види. Варіювання форм, розмірів і розміщення мікронерівностей на поверхні деталі досягають зміною параметрів режиму обробки.

Система вібровигладжених каналів (канавок) утворює мас-

ляні кармани, в яких затримується мастильний матеріал і рівномірніше розподіляється по поверхні, що суттєво поліпшує умови тертя.

Мастильний матеріал, що залишився у рівномірному лабіринті канавок, створює масляний клин. У цьому випадку, під тиском рідини по канавках виносяться осаджені абразивні частинки і продукти зношування за межі зони тертя.

Під час сухого тертя канавки працюють як пастки, що затримують продукти зношування, пил і абразивні частинки, завдяки чому локалізується їх абразивна дія, а також суттєво поліпшуються всі фізико-механічні характеристики поверхневого шару.

Вібронакатуванню (вібровигладжуванню) піддаються деталі з чорних і кольорових металів і сплавів твердістю до HRC 65.

Зусилля обробки знаходиться в межах 50-200 Н, що дозволяє обробляти маложорсткі деталі. Мікротвердість обробленої поверхні на 25-30% вища вихідної. Залишкові напруження після вібронакатування в 1,3-1,7 рази більші, ніж у разі накачування без вібрації на таких самих режимах. Зміцнення деталей вібронакатуванням знижує коефіцієнт тертя в 1,6-2,2 рази, а також підвищує зносостійкість вдвічі і більше разів.

Під час вібронакатування застосовують сталені загартовані кульки і сферичні наконечники (вигладжувачі) з природних і синтетичних алмазів, твердого сплаву. Вибір матеріалу залежить від твердості оброблюваної поверхні та її характерних властивостей.

Для вібронакатування використовують вібратори, які мають привод для створення зворотньо-поступального переміщення інструменту від окремого електродвигуна. Обертальний рух електродвигуна перетворюється у зворотно-поступальний рух штанги за допомогою ексцентрика, розміщеного на валу електродвигуна. На одному кінці штанги встановлено кульку, яка кріпиться за допомогою цангової втулки і гайки. Другим кінцем штанга з'єднана штифтом із втулкою, яка переміщується разом із штангою. На втулці у корпусі встановлена силова тарована пружина із шкалою. За допомогою кутника пристрій встановлюють на різці-тримачі супорта токарно-гвинторізного верстата.

Алмазне вигладжування (рис.2, г) широко використовується для підвищення експлуатаційних властивостей зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей машин як фінішна операція під час їх відновлення.

Сутність його полягає у поверхневому пластичному деформуванні деталі ковзним на її поверхні інструментом, робочим елементом якого є алмаз або надтверді матеріали з нітриду бору (гексаніт Р, кубоніт тощо), які мають високу твердість, низький коефіцієнт тертя по металу та малу шорсткість ( $R_a = 0,02-0,04$  мкм). Завдяки малим радіусам робочої частини інструмента ( $R_{алм} = 0,5-3,5$  мм) за порівняно невеликих зусиль вигладжування (150-300Н) як результат створення на контактній площадці великих тисків можна обробляти маложорсткі деталі із м'яких загартованих до HRC 60-65 сталей і сплавів.

Радіус алмазу вибирають з урахуванням твердості оброблюваної поверхні. Для матеріалів твердістю HB < 300 він становить 2,5-3,5 мм, при HRC 35-60 – 1-2,5 мм і HRC 50-65 – 1-2 мм.

Для обробки незагартованих сталей, кольорових металів і сплавів вихідна шорсткість повинна бути  $R_a < 2,5$  мкм. Загартовані сталі доцільно вигладжувати при вихідній шорсткості  $R_a = 0,32-1,25$  мкм.

Універсальний вигладжувач складається з оправи і алмазу. Він монтується у спеціальному пристрої, встановленому у різцетримачі верстата. Вигладжування проводять в умовах тертя ковзання, що відрізняє цей процес від накатування. Параметри режиму вигладжування приблизно такі, як і накатування.

Оптимальне зусилля  $P_{опт}$  приймають таким, за якого досягається найменша шорсткість поверхні.

Поздовжня подача для загартованих сталей становить 0,02-0,05 мм/об ( $R_{алм}=1-2$  мм), незагартованих сталей і кольорових сплавів – 0,03-0,07 мм/об ( $R_{алм}=2,5-3,5$  мм). Швидкість вигладжування (20-120 м/хв) практично не впливає на якість поверхні.

Основна деформація металу відбувається після першого проходження інструмента. Із збільшенням кількості проходів шорсткість поверхні суттєво не змінюється.

Як МОР під час вигладжування для чорних металів застосовують індустріальне масло И-20А, для кольорових металів і сплавів – гас.

Алмазне вигладжування дозволяє одержати поверхню деталі із шорсткістю не нижче  $R_a = 0,04-0,08$  мкм, підвищити твердість на 25-30%, стійкість проти зношування на 40-60% і втомну міцність на 30-60 %.

## Термомеханічна обробка металів

Термомеханічна обробка металів (ТМО) – це сукупність операцій пластичного деформування, нагрівання і охолодження, як результат яких формування кінцевої структури сплаву, а відповідно і його властивостей, відбувається в умовах підвищеного числа недосконалостей кристалів, створених пластичним деформуванням. ТМО відноситься до зміцнювальних технологій.

Розрізняють високотемпературну (ВТМО) і низькотемпературну (НТМО) термомеханічну обробку.

ВТМО сталі складається з гарячої обробки тиском у межах температур стійкості аустеніту, НТМО – із деформації в межах температур нестійкості аустеніту (нижче критичних точок перетворень) (рис.3). З такого аустеніту при подальшому загартуванні одержують мартенсит з особливою будовою, яка забезпечує дуже високу межу міцності (до 3000МПа).

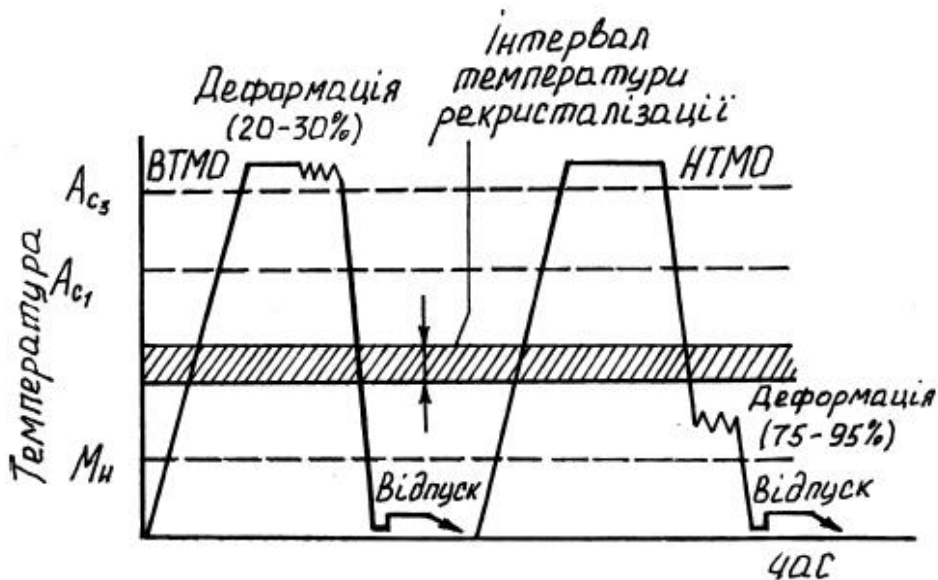


Рис.3 – Циклограми термомеханічної обробки сталі

На кафедрі ремонту машин ХНТУСГ розроблено технології відновлення деталей за допомогою ТМО: у першому варіанті застосовується наплавлення у середовищі вуглекислого газу, сполучене з НТМО, а у другому – наплавлення і НТМО з наступним проточуванням і вібровигладжуванням.

Нагрівання деталі для ТМО забезпечується теплом, що виділяється у процесі наплавлення, необхідного для нарощування зношеного поверхневого шару.

Під час ВТМО наплавлений метал обробляють двома деформуючими роликками (рис. 4, а); відразу ж після нанесення шару металу на поверхню за  $t = 900-950^{\circ}\text{C}$  і тиску  $P_1 = 1000-5000\text{ Н}$  з наступним природним охолодженням. Під час НТМО (рис. 4, б) наплавлений метал спочатку деформують за температури ВТМО, а потім знову деформують в інтервалі температур  $350-700^{\circ}\text{C}$  при  $P_2 = 5000-15000\text{ Н}$  з охолодженням за допомогою спреєра.

ТМО ущільнює і згладжує наплавлену поверхню, чим сприяє усуненню металургійних дефектів у вигляді пор, тріщин, несучільностей; зменшує припуск на механічну обробку та її трудомісткість; забезпечує шорсткість поверхні  $Ra = 1,25-0,32\text{ мкм}$ ; підвищує твердість і більш як на 30% ресурс відновлених деталей.

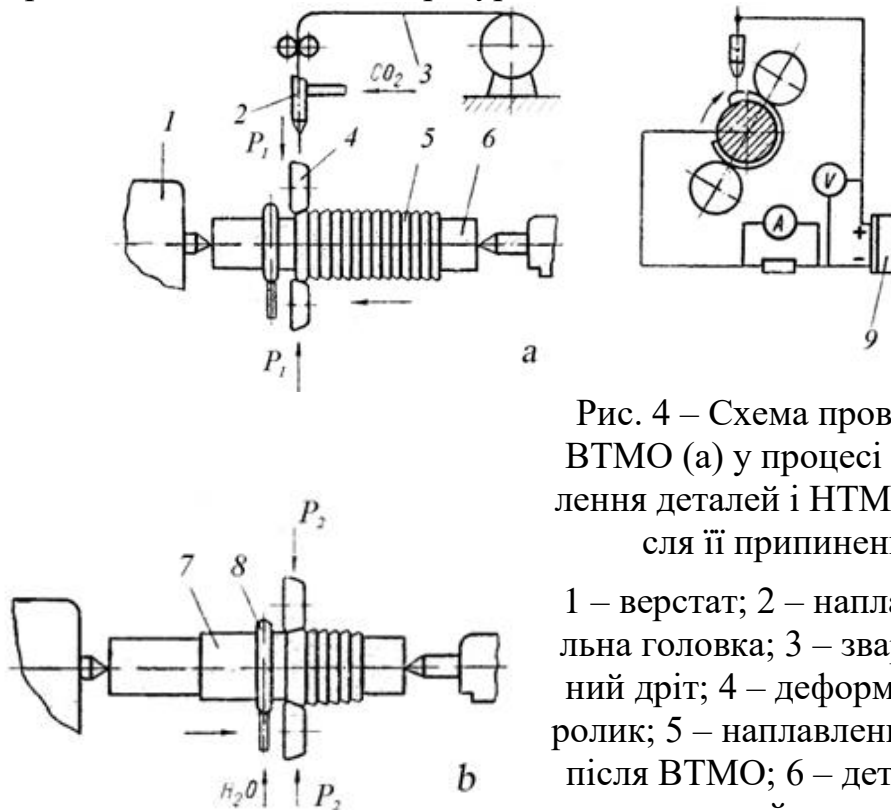


Рис. 4 – Схема проведення ВТМО (а) у процесі наплавлення деталей і НТМО (б) після її припинення:

1 – верстат; 2 – наплавлювальна головка; 3 – зварювальний дріт; 4 – деформуючий ролик; 5 – наплавлений метал після ВТМО; 6 – деталь; 7 – наплавлений метал після НТМО; 8 – спреєр; 9 – джерело струму

### Електромеханічна обробка

Електромеханічна обробка (ЕМО) являє собою різновид процесу високотемпературної механічної обробки за локального поверхневого нагрівання у місці контакту інструмента і деталі, які зна-



ходяться під напругою електричного струму. Спосіб ЕМО застосовується як для зміцнення, так і для відновлення розмірно-точнісних характеристик деталей, які мають невеликий знос (до 0,4 мм). ЕМО використовують для відновлення зовнішніх поверхонь нерухомих і рухомих з'єднань.

Суть процесу полягає в тому, що у місці контакту двох струмопровідних поверхонь (деталь – робочий інструмент) виділяється тепло, під дією якого поверхня деталі розігрівається, водночас піддається тиску інструмента, деформується і охолоджується шляхом відведення тепла всередину холодної деталі.

Оскільки об'єм високотемпературного нагрівання дуже малий порівняно з масою деталі, то охолодження нагрітого металу (за рахунок відведення тепла всередину деталі) відбувається з великою швидкістю, викликаючи загартування в локальному об'ємі.

Процес відновлення посадочних поверхонь зношених деталей складається з двох операцій: висаджування металу і згладжування до певного розміру, для чого застосовують пластинчастий інструмент.

На рис. 5 наведено принципову схему установки для ЕМО. У зону контакту (деталь – інструмент) підводять струм 350-1300 А і напругу 2-6 В. Проходячи через малу площу контакту, струм великої сили і малої напруги миттєво нагріває метал у зоні контакту до температури 800-900°C. Під тиском інструмента, залежно від його профілю, метал деталі висаджується або згладжується.

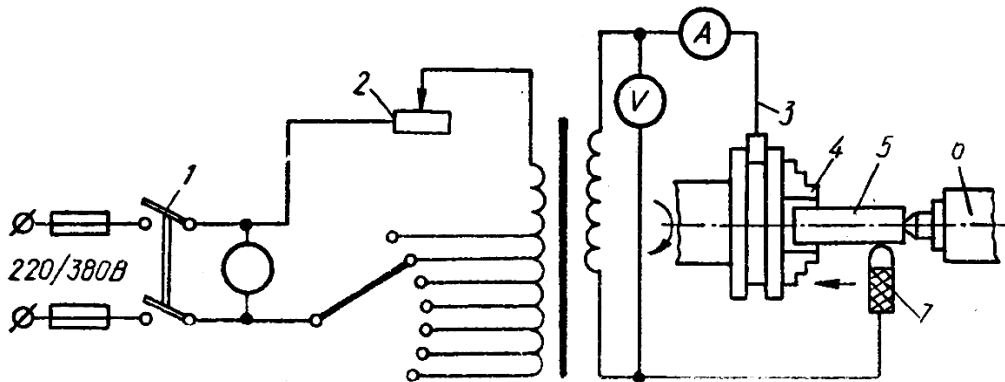


Рис. 5 – Принципова схема установки для електромеханічної обробки: 1 – рубильник; 2 – реостат; 3 – провід вторинної обмотки; 4 – патрон верстата; 5 – деталь; 6 – задня бабка верстата; 7 – інструмент для обробки.

Під час заглиблення інструмента у поверхню деталі відбувається висадження матеріалу. Діаметр деталі  $D_2$  збільшується до  $D_1$ , а поверхня приймає нарізоподібну форму. Замінюючи висаджувальну пластину згладжувальною, одержують необхідний діаметр  $D_0$ , який не потребує подальшої обробки різанням.

Діаметри спряжених деталей вимірюють до обробки, після чого встановлюють фактичний зазор у спряженні. Збільшити діаметр можна не більш як на 0,4 мм для незагартованих деталей і на 0,2 мм – для загартованих. Висадження за кілька проходів виконують тільки за допомогою ходового гвинта. В іншому випадку може відбутися перерізання профілю. Зусилля для висадження незагартованих сталей 700-800 Н, загартованих – 900-1200Н.

Твердість зміцненого шару після ЕМО підвищується у 1,5-2,5 рази. Матеріалом для робочого інструменту можуть бути тверді сплави ВК і ТК, Р18.

Для ЕМО використовують токарно-гвинторізні і горизонтально-фрезерні верстати. Джерелом змінного струму є понижувальний трансформатор потужністю до 25 кВА.

### **Зміцнення поверхонь деталей термічною і хіміко-термічною обробкою**

Термічна і хіміко-термічна обробка належить до операцій, які забезпечують задані фізико-механічні властивості матеріалу і деталей.

Існують низько- (без фазової перекристалізації) і високотемпературні (із фазовою перекристалізацією) режими термічної і хіміко-термічної обробки.

Велика кількість деталей машин, що виготовляються на машинобудівних заводах, піддаються високотемпературній термічній обробці для забезпечення необхідних властивостей: міцності, пластичності, ударної в'язкості, твердості, стійкості проти зношування.

В умовах ремонтного виробництва використання високотемпературних методів термічної і хіміко-термічної обробки обмежене і можливе лише в умовах ремонтного спеціалізованого виробництва. У цьому випадку для підвищення пластичності і міцності використовується поліпшення, нормалізація і загартування з нагріванням вище  $A_{c3}$  і відпусканням (500-650°C), а для підвищення твердості робочої поверхні – загартування СВЧ. У ряді випадків для змі-

цнення робочої поверхні деталей і стійкості проти корозії використовують хіміко-термічну обробку: цементацію (насичення вуглецем при 920-950°C) у твердому карбюризаторі; азотування (насичення азотом, нагрівання в аміаці або рідких середовищах при 500-571°C); ціанування у розплавлених шарах NaCN (20-25%), NaCl (25-50%), Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (25-50%) при 820-860°C; нітроцементацію у газовому середовищі (науглецьовувальний газ і аміак при 850-860°C).

При всіх видах поверхневого загартування забезпечується зміцнений шар глибиною не менше 2-4мм, а твердість залежно від зміцнювального матеріалу до 50-60 HRC.

Хіміко-термічна обробка з урахуванням параметрів нагрівання дозволяє отримати дифузійний шар від 0,5 до 2,0 мм з твердістю 52-62 HRC.

Найпоширенішою термообробкою є відпалювання I і II роду.

Відпалювання I роду залежно від вихідного стану сталі або сплаву деталі включає процеси гомогенізації (одержання однорідної структури), рекристалізації і знімання залишкових напружень. Залежно від призначення його проводять при температурах вище або нижче фазової перекристалізації. Цей вид обробки усуває хімічну або фізичну неоднорідність, створену попередньою обробкою (наплавленням, напиканням та іншими видами).

Дифузійне гомогенізуюче відпалювання проводять за температури 1100-1200°C. У цьому випадку найповніше проходять процеси вирівнювання хімічного складу і властивостей. Але така обробка сприяє збільшенню розміру зерна і зниженню рівня міцності та пластичності. Тому після гомогенізуючого відпалення треба проводити нормалізацію або поліпшення.

Відпалювання застосовують для деталей, після обробки яких (наплавлення, механічної обробки, відливання, тощо) виникли залишкові напруження. Температура відпалення залежно від матеріалу і рівня напружень знаходиться у межах 200-700°C. Час витримки становить 1-3год. Після витримки здійснюється повільне охолодження до 300°C.

Відпалювання II роду проводять при температурах на 30-50°C вищих Ас<sub>3</sub> або Ас<sub>1</sub> для одержання зрівноваженої структури металу. Відпалювання I і II роду забезпечують зміцнення робочої поверхні відновлюваних деталей за рахунок стабілізації структури, її однорідності, зняття напружень, які зменшують схильність до викришування і тріщиноутворення.

Для проведення термічної і хіміко-термічної обробок використовують спеціальні термічні печі, у деяких випадках, з контрольованою атмосферою і регулюванням температурних параметрів нагрівання і охолодження, а також ванни для загартування.

Основними контрольованими параметрами якості є фізико-механічні властивості, структура металу, глибина зміцненого шару і його фазовий склад.

### **Механічна обробка деталей**

Механічна обробка є однією з основних операцій по відновленню розмірно-точнісних характеристик деталей. Вона широко використовується як підготовча і кінцева обробка. Крім того, механічною обробкою відновлюють деталі до ремонтних розмірів.

Важливе значення під час механічної обробки має забезпечення потрібної точності і шорсткості поверхні, які досягаються правильним вибором виду обробки, посадок і технологічних баз, а також утворенням мінімально допустимого припуску за будь-яких способів нарощування. Мінімальні припуски на механічну обробку для ручного наплавлення становлять 2-3 мм, після наплавлення під шаром флюсу 1-2 мм, для газотермічного напилення 0,3-0,4 мм.

На ремонтних підприємствах зустрічаються всі види механічної обробки (точіння, фрезерування, нарізінання, хонінгування, шліфування, притирання, полірування тощо), які застосовуються на машинобудівельних заводах. Але попередня обробка зношених і нарощуваних поверхонь деталей має свої особливості, які значно ускладнюють механічну обробку під час їх відновлення порівняно з обробкою при виготовленні нових деталей.

Точінням відновлюють розмірно-точнісні характеристики деталей, які ремонтували різними видами наплавлення. Різальну частину інструменту виготовляють із твердих сплавів Т5К10 і Т15К6 при твердості наплавленого шару HRC менше 40 і ВК8, ВК6 за HRC понад 40. Для загартованих сталей застосовують різці з від'ємним переднім кутом  $\gamma_2 = -10 \dots -15^\circ$  (рис. 6). Обробку ведуть із застосуванням охолоджувальної рідини (5-8% емульсолу, 0,2% кальцинованої технічної соди, решта – вода). Широко застосовують при точінні відновлених поверхонь різці із надтвердих матеріалів (синтетичний алмаз типу балас, ельбор-Р, гексаніт-Р тощо).

Різці із синтетичних алмазів типу балас (АСБ) забезпечують

стабільність лінійних розмірів деталей, необхідну шорсткість поверхонь, високопродуктивне різання. Стійкість різців з АСБ при точінні порівняно з різцями з твердих сплавів вища у 2-3 рази.

Ельбор-Р (кубічний нітрид бору) має велику термостійкість і

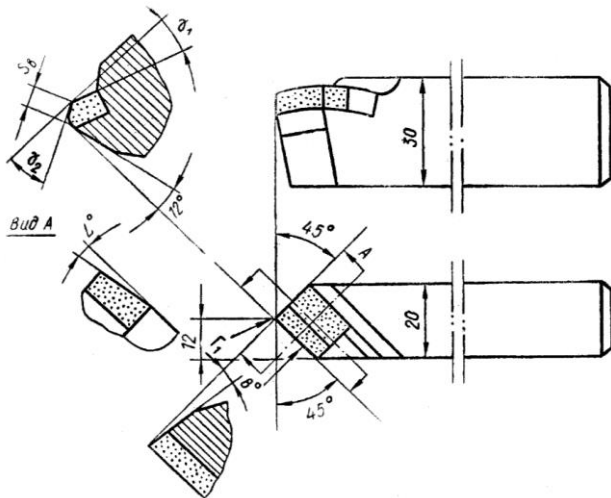


Рис. 6 – Геометрія різальної частини різця для точіння наплавленого металу

хімічну інертність до заліза. Все це дозволяє широко застосовувати його для важкооброблюваних сталей і сплавів, особливо у загартованому стані.

Гексаніт-Р (один з різновидів нітриду бору) – полікристалічний матеріал, який отримують за високоімпульсних тисків, ефективно використовують для холодної обробки наплавлених і загар-

тованих сталей, чавунів, твердих сплавів.

Лейкосапфір представляє собою, як і рубін, синтетичний монокристал  $Al_2O_3$  у вигляді  $\alpha$ -модифікації, але на відміну від нього майже не має домішок. Застосовують його для виготовлення різців, шліфувальних кругів і паст.

Для точіння матеріалів, наплавлених електроконтактним приварюванням, застосовують різці з лейкосапфіру на режимі: швидкість точіння  $v = 50$  м/хв, подача  $S = 0,05$  мм/об, глибина різання  $t = 0,1$  мм.

Під час точіння осаджень електролітичного заліза у зоні різання утворюється висока температура ( $1000-1050^\circ C$ ), яка сприяє інтенсивному зношуванню різального інструменту. Під час точіння м'яких осаджень температура у 1,2-1,7 рази вища, ніж при точінні твердих покриттів. Найкращі результати показують різці з твердого сплаву ТЗ0К4. При точінні осаджень електролітичного заліза використовують такий режим: швидкість різання  $v = 56$  м/хв, подача  $S = 0,12$  мм/об, глибина різання  $t = 0,2$  мм, передній кут різця  $\gamma = 0^\circ$ , задній кут –  $\alpha = 10^\circ$ ; головний кут у плані  $\phi = 60^\circ$ , допоміжний кут у плані  $\phi_1 = 30^\circ$ .

Шліфуванням відновлюють розмірно-точнісні характеристики деталей, наплавлених твердими порошковими матеріалами або нарощених електролітичними покриттями. Шліфування також застосовують як фінішну операцію після точіння і для відновлення колінчастих валів до ремонтних розмірів.

Особливо складна обробка шліфуванням поверхонь, відновлених наплавленням або напиленням порошків, стійких проти зношування. Для їх обробки найефективніше шліфування абразивним (зокрема алмазним) інструментом, а також за допомогою електрофізичних і електрохімічних методів обробки.

Найвищі показники процесу обробки порошкових наплавлень наприклад - сормайт УС-25, ФБХ-6-2, ПГХНСПЗ) досягаються при сухому шліфуванні.

Попередньо обробляти сормайт доцільно шліфувальним кругом з хромистого електрокорунду 34А40СМ16К, а обробку УС-25, ФБХ-6-2 – шліфувальним кругом з карбіду кремнію 64С25СМ16К.

Основні режими чорного шліфування такі: колова швидкість  $V_k=35$  м/с, колова швидкість деталі  $v_d=11$  м/хв, швидкість знімання металу  $Q_m$  (для сормайту становить  $7$  см<sup>3</sup>/хв, для УС 25 – 4, для ФБХ-6-2 – 4, 5, для ПГХН80СРЗ – 3 см<sup>3</sup>/хв).

Чистове шліфування рекомендується вести за хвилинної подачі  $S_{tm}$ , яка не перевищує  $0,15$  мм/хв.

Для відновлення деталей, нарощених електролітичними покриттями, застосовують круги із синтетичних алмазів марки АСП25К6-50 з 50%-ною концентрацією алмазів у крузі.

Оптимальні режими шліфування електролітичних покриттів кругами із синтетичних алмазів: колова швидкість круга  $v_k=30$  м/с, відновлюваних деталей –  $v_d=20-25$  м/хв, поздовжня подача  $S=1-1,5$  мм/об, глибина шліфування  $t=0,01-0,02$  мм/хід.

Під час шліфування застосовують мастильно-охолоджувальну рідину – 3-5%-ний розчин емульсолу у содовій воді.

Шліфуванням одержують точність 6-8 квалітетів і шорсткість поверхні  $Ra=0,5-0,2$  мкм.

Хонінгування застосовують для фінішної обробки внутрішніх поверхонь для поліпшення характеристик шорсткості, наприклад для обробки гільз циліндрів, нижньої головки шатуна тощо.

Попереднє хонінгування виконується брусками з карбіду кремнію або електрокорунду зернистістю 16-12 мкм, чистове – брусками зернистістю 4-3 мкм. Колова швидкість хона становить 8-

20м/хв при питомому тиску 0,6-1,4МПа.

Для попереднього хонінгування застосовують також алмазні бруски АС15250/200-М1-100 із стопроцентною концентрацією алмазу у бруську, для кінцевого – АСМ28/20-М1-100. На ремонтних підприємствах під час хонінгування використовують мастильно-охолоджувальну рідину – суміш гасу з додаванням до 40% машинного масла. Але вона вогненебезпечна і токсична, тому для цього рекомендується масляна рідина ОСМ-І (температура спалаху не менше 94°С). Шорсткість поверхні після хонінгування відповідає  $K_a=0,16-0,025$  мкм, точність обробки за 5-7 квалітетами.

Полірування алмазними стрічками застосовується для одержання високого класу шорсткості поверхонь циліндричних, ексцентричних і фасонних деталей. Виконується на токарних або круглошліфувальних верстатах. Наприклад, полірують шийки і галтелі колінчастих валів.

Пристрій для полірування деталей типу тіл обертання безкінечною алмазною стрічкою встановлений на поздовжньому супорті верстату через плиту 11 (рис. 7)

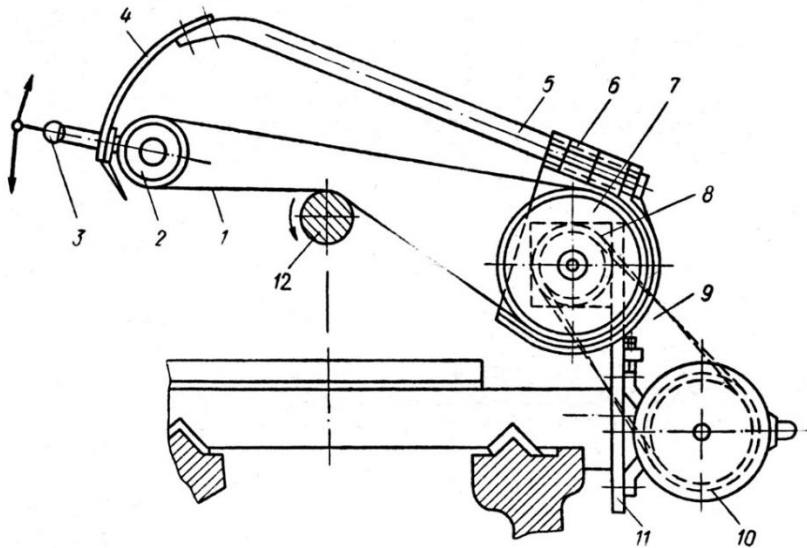


Рис. 7 – Схема пристрою для полірування деталей безкінечною стрічкою: 1 – безкінечна стрічка; 2 – ролик; 3 – рукоятка; 4 – пружна пластина; 5 – стержень; 6 – кронштейн; 7 – шків; 8 – вібратор; 9 – клинопасова передача; 10 – електродвигун; 11 – плита; 12 – деталь

Для обробки деталей застосовують стрічку довжиною 1500-2200 мм і шириною до 60 мм. Застосовують алмазну стрічку типу

АСО-100%-Р9 зернистістю 80/63-40/23 мкм. Швидкість переміщення стрічки 35м/с, поперечний коливальний рух з амплітудою 2-6мм і частотою 300-900 коливань на хв за наявності обертального руху деталі і поздовжньої подачі стрічки від верстата.

У процесі обробки одержують шорсткість поверхні Ra 0,32-0,05 мкм і точність обробки за 5-7 квалітетами.

Притирання пастами дає можливість одержати шорсткість поверхні від Ra 0,08-0,025 мкм і точність у межах 1-3 мкм. Його застосовують як фінішну операцію для одержання герметичності клапанів, плунжерних пар, підгонки однієї деталі до іншої.

### **Застосування паяння під час ремонту деталей**

Паянням називають процес одержання нероз'ємного з'єднання деталей або частин зруйнованої деталі шляхом введення у зазор між ними розплавленого проміжного металу або сплаву – припою, після охолодження якого утворюється міцний зв'язок.

Температура плавлення припою має бути нижча температури плавлення матеріалу деталей.

Під час паяння деталі нагрівають до температури, близької до температури плавлення припою, а потім розплавляють припій і заповнюють ним зазор. У паяному шві відбувається дифузія металів – атоми рідкого припою вступають у взаємодію з атомами твердого основного матеріалу. Залежно від хімічної активності припою відносно матеріалу деталі можуть утворюватись інтерметалічні з'єднання на їх межі або рідкі та тверді розчини. На проходження перерахованих процесів впливає також співвідношення температур плавлення припою і матеріалу деталей, тривалість процесу паяння, спосіб нагрівання деталей тощо.

Залежно від призначення і умов роботи припої умовно ділять на дві групи: м'які і тверді. М'які припої мають температуру плавлення до 400°C і невелику механічну міцність, тверді – температуру плавлення понад 550°C і дозволяють одержати з'єднання, близьке за міцністю до матеріалу деталі.

М'які припої представляють собою сплави на основі олова, свинцю, сурми, вісмуту, кадмію тощо.

Тверді припої мають відносно високу температуру плавлення і застосовуються для одержання міцного шару. Вони можуть працювати за високої температури. До припоїв другої групи відносяться мідь, срібло, нікель та сплави на їх основі.



Під час паяння використовуються флюси, які призначені для захисту поверхні основного металу і припою від окислення, розчинення і видалення окисної плівки, поліпшення умов змочування поверхні деталі припоєм. Температура плавлення флюсу повинна бути нижча температури плавлення припою.

При паянні м'якими припоями флюсами можуть бути водні розчини хлорного цинку ( $ZnCl_2$ ) і хлорного амонію ( $NH_4Cl$ ). Для паяння міді, наприклад дротів, використовують каніфоль.

Під час паяння твердими припоями як флюси використовують буру і суміш бури з борною кислотою та борним ангідридом. Для паяння алюмінію застосовують флюси Ф 5, Ф 134 тощо.

Перед паянням з'єднувані поверхні деталей старанно очищають від бруду, окислів і жирових плівок механічним або хімічним способом (травлення у розчині сірчаної кислоти).

Паяння м'якими припоями виконують ручними паяльниками. Поверхні змочують флюсом, а потім за допомогою паяльника рівномірно тонким шаром наносять припій.

Під час паяння твердими припоями деталі нагрівають полум'ям газового пальника або використовують муфельні печі, горни або інші джерела тепла, нагріті до температури плавлення припою поверхні деталі посипають флюсом. Потім заповнюють зазор між деталями припоєм.

### **Електроерозійна обробка**

Електроерозійний спосіб обробки деталей відноситься до групи електрофізичних процесів і полягає в електричній ерозії під час іскрового розряду. Під час проскакування іскри між електродами потік електронів, що рухається з величезною швидкістю, миттєво нагріває частину поверхні аноду до  $10\ 000$ - $15\ 000^\circ C$ , метал плавиться і навіть переходить у газоподібний стан, внаслідок чого відбувається вибух (рис. 8). Частинки відірваного розплавленого металу аноду викидаються у міжелектродний простір і залежно від його середовища (газового або рідкого) досягають катоду і осідають на ньому або розсіюються. Деталь є анодом. Інструменту надається коливальний рух від вібратора для замикання і розмикання ланцюга та одержання іскрового розряду. Вибір і встановлення необхідного режиму досягається застосуванням змінного опору і постійною або змінною ємністю конденсаторів, але є установки і без конденсаторів.

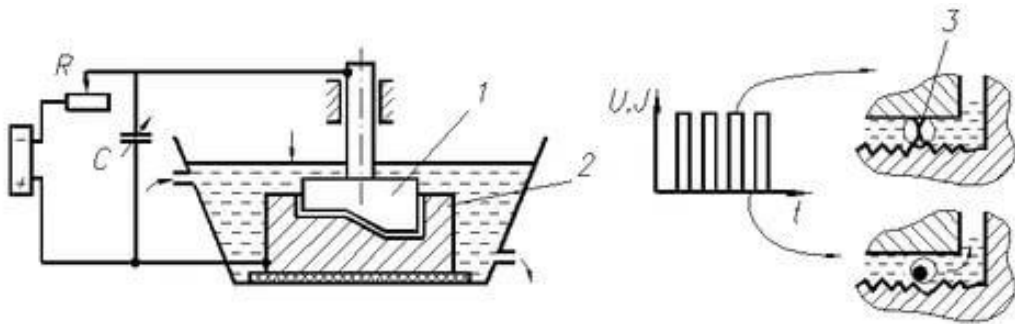


Рис. 8 – Схема установки для електроерозійної обробки: 1 – інструмент; 2 – деталь; 3 – проскакування іскри.

Режими електроерозійної обробки поділяються на три групи: грубі – струм понад 10А (найбільша продуктивність, але шорсткість поверхні висока –  $R_z$  160-320 мкм); середні – струм від 1 до 10А (шорсткість  $R_z$  40-160 мкм); чистові – струм менше 1А (шорсткість до  $R_a$  0,16 мкм, але низька продуктивність).

Електроерозійну обробку застосовують для обдирання деталей після наплавлення твердими сплавами; видалення зламаних свердел, мітчиків, шпильок, болтів; вирізання канавок і прошивання отворів будь-якої конфігурації у металі будь-якої твердості.

Для вирізання заглиблень і прошивання отворів виготовляють інструмент із міді та її сплавів за формою необхідного профілю і підключають його до катоду. Процес краще вести в рідкому середовищі (гас, мінеральне масло та інші рідини, які не проводять струм), щоб виключити нарощування інструменту (катоду).

### Анодно-механічна обробка

Анодно-механічний спосіб застосовують для обробки загартованих, виготовлених з твердих сплавів і відновлених наплавленням деталей, які мають значну твердість поверхні, внаслідок чого їх важко або навіть неможливо обробляти різанням.

У зону дії оброблювального інструменту вводиться струмінь електроліту, який складається з водного розчину рідкого скла (густина 1,36-1,38 г/см<sup>3</sup>) або іншої рідини із вмістом з'єднання кремнієвої кислоти. Під час пропускання постійного струму розчин піддається електролізу, і на аноді утворюється щільна плівка кремнієких з'єднань. Ця плівка видаляється механічною дією катоду (чавунного, сталюого, мідного диска або абразивного круга).

На рис. 9 наведена схема анодно-механічної обробки для рі-

зання заготовок, шліфування і чистої доводки деталей, режими: Напруга холостого ходу – 6-24 В; напруга робочого ходу – 5-28 В; щільність струму – 0,005-5,0 А/мм<sup>2</sup>.

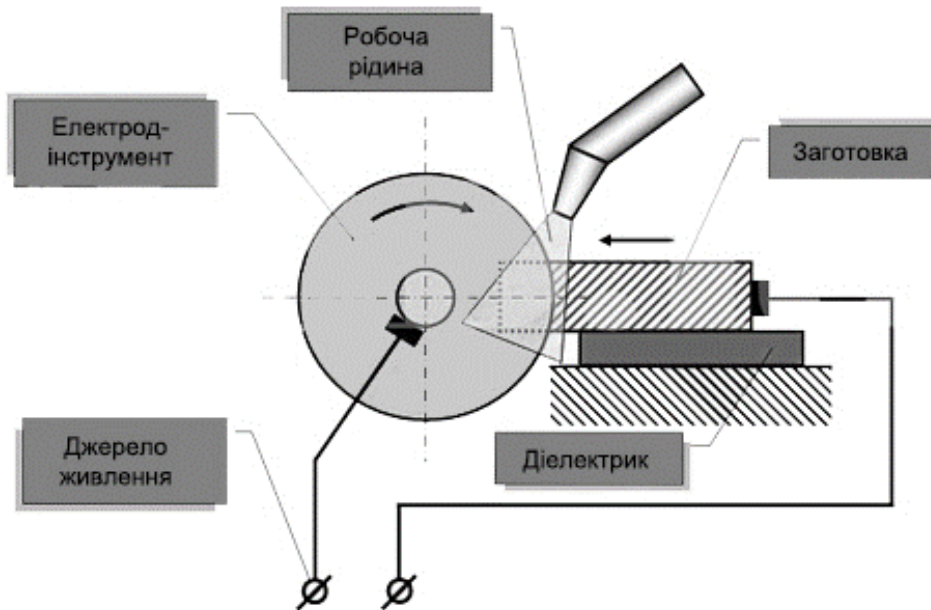


Рис. 9 – Схема анодно-механічної обробки

У випадку застосування струму малої щільності з'являється електрохімічний ефект, і на поверхні деталі розчиняються мікроскопічні виступи. Завдяки дисоціації силікату натрію на поверхні аноду утворюється плівка. Послідовне здирання плівки катодом і розчинення мікровиступів на аноді призводять до поступового згладжування поверхні.

Для одержання високої чистоти поверхні катод не виконує функції інструменту, а є тільки негативним струмопровідним електродом. Плівка ж видаляється дрібнозернистим абразивним бруском або кругом.

Робочою рідиною при доведенні поверхонь деталей є водний розчин фосфорнокислого ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ), азотнокислого ( $\text{NaNO}_3$ ), хлорного ( $\text{NaCl}$ ), сірчаного ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) натрію. Для одержання цих розчинів в 1л води розчиняють відповідно 31, 16, 11 і 16 грамів цих солей.

### **Відновлення деталей за допомогою лазера**

Використання лазерної технології для відновлення деталей може забезпечити нарощування металу, зварювання дефектів глибиною до 0,5мм, термічну обробку, прошивання отворів, зварювання.

Вона ефективна для місцевого наплавлення площею 50-100мм<sup>2</sup> з товщиною шару 0,8-1,2мм, термозміцнення відповідальних ділянок плоских поверхонь деталей, а також циліндричних і складно-профільних з радіусом кривизни не більше 25мм. Зона термічного впливу при лазерному наплавленні залежить від маси деталі і не перевищує 0,4мм.

Суть лазерної технології полягає в тому, що лазерний промінь створює дуже високі щільності світлової потужності – порядку 10<sup>9</sup>Вт/см<sup>2</sup> і вище. При цьому легко регулюється розмір і положення світлового променя за допомогою дзеркал і фокусуєчих лінз.

Діаметр фокусованого променя може змінюватись від 0,01 до 10мм, а сам переміщуватися запрограмованими траєкторіями будь-якої складності. Основними параметрами лазерних технологій є щільність потужності ( $P$ ). Якщо  $P < 10^5$  Вт/см<sup>2</sup>, його використовують для термічної обробки;  $10^5 < P < 10^7$  – для зварювання і наплавлення;  $P > 10^8$  Вт/см<sup>2</sup> – для різання і прошивання отворів. Для зміцнення і нарощування зношених циліндричних поверхонь переважно використовують схему, наведену на рис. 10. Обробка циліндричної поверхні більшої довжини, ніж діаметр пучка, здійснюється скатуванням за спіраллю, а плоскої – за зигзагом.

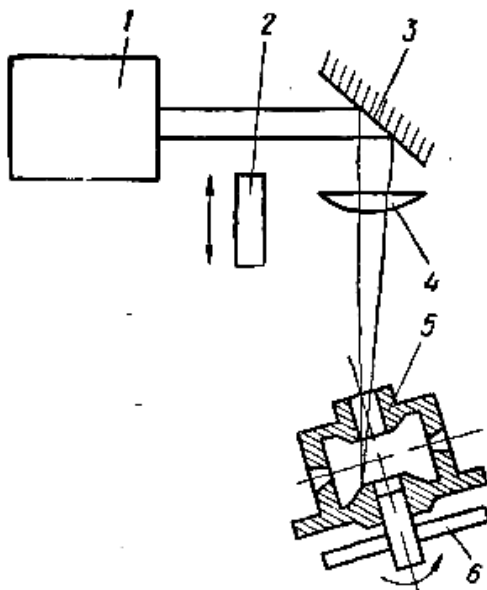


Рис. 10 – Схема лазерної установки для зміцнення циліндричних поверхонь:

- 1 – лазер;
- 2 – вимірювач потужності;
- 3 – дзеркала;
- 4 – фокусуєча лінза;
- 5 – деталь;
- 6 – пристрій для обертання

Лазерне наплавлення можна здійснювати двома методами: шляхом подачі порошку через дозатор у зону променя і нанесенням порошку потрібного складу на деталь у вигляді обмазки (зв'язувально-клейова сполука – водний розчин осітилцелюлози – ОЕЦ

або карбоксиметилцелюлози – КМЦ з розрахунку 8-20 г/л при  $t = 75^{\circ}\text{C}$ ). Витрата порошку першим методом у 5-6 разів більша, а рівень фізико-механічних властивостей покриття нижчий, ніж при нарощуванні шару другим методом.

Лазери поділяються на твердотілі і газові –  $\text{CO}_2$ . Твердотілі застосовують на допоміжних операціях, а також при обробці малогабаритних деталей. Активним середовищем є тверді тіла: рубіни, спеціальне скло, алюмонатрієвий гранат тощо. Їх ККД не перевищує 3%. У газових лазерів безперервної дії ККД становить 5-10%.

Оптична система формування і передачі променя у лазерній установці включає дзеркала і лінзи.

Основними критеріями якості є глибина зміцнення, його однорідність, міцність перехідної зони під час нарощування, рівень і розподіл мікротвердості вздовж перерізу робочого шару. Максимальної глибини загартованого шару досягають тоді, коли температура на поверхні деталі відповідає температурі плавлення. Це забезпечується інтенсивністю теплового джерела, швидкістю обертання та переміщення деталі під час обробки.

Із збільшенням концентрації вуглецю твердість і глибина загартованої зони збільшуються. Підвищення концентрації карбидоутворювальних легуючих елементів (Cr, W, V, Mo) призводить до зростання твердості зміцненої зони, а аустенітоутворювальних елементів (Mn, Cu) – до її зниження. Термічне зміцнення (загартування) сталевих деталей із вмістом вуглецю від 0,006 до 0,78% забезпечує глибину загартованого шару без оплавлення поверхні до 0,5-0,6мм, а з високоміцного чавуну – до 1мм.

При відновленні деталей лазерним наплавленням твердість робочого шару становить 60-63HRC, а міцність зчеплення з основним металом – 250МПа.

### **Відновлення встановленням додаткових ремонтних деталей**

Відновлення зношеного шару робочих поверхонь та їх розмірно-точнісних характеристик часто здійснюється за рахунок додаткових ремонтних деталей (ДРД), виготовлених у вигляді суцільних втулок, кілець, гільз, а також збірних втулок.

Встановлення суцільних втулок і кілець застосовується для деталей, які мають знос посадочних поверхонь.

Технологічний маршрут процесу ремонту деталей із застосуванням ДРД складається з трьох основних частин:

- механічна обробка зношеної посадочної поверхні під додаткову деталь;
- запресування або напресування ремонтної втулки на посадочну поверхню;
- механічна обробка втулки до нормального розміру (розмір за робочим кресленням на виготовлення деталі).

Матеріал ДРД повинен відповідати матеріалу відновлюваної деталі. Тільки для чавунних деталей втулки виготовляють із сталі. Забезпечення нерухомості ДРД на основній деталі досягається за рахунок гарантованого натягу у цьому з'єднанні, або застосуванням клею, штифтів, зварювання. Можливі і комбінації даних способів.

Для встановлення втулок без гарантованого натягу механічну обробку посадочної (робочої) поверхні до нормального розміру проводять під час її виготовлення. В іншому випадку, під час виготовлення втулки, передбачається припуск на обробку робочої поверхні до нормального розміру після запресування.

Надійність посадки з гарантованим натягом залежить від матеріалу основної деталі; матеріалу, діаметра і товщини втулки; висоти мікронерівностей поверхонь з'єднання, а також від способу запресування. Втулки виготовляються завтовшки 2-5мм.

Дійсний натяг у нерухомому з'єднанні з прийнятою конкретною посадкою відрізняється від табличного і визначається розрахунковим шляхом за залежністю:

$$\delta_p = \delta_T - 1,2(R_{z_1} - R_{z_2}), \quad (5)$$

де  $\delta_T$  – табличний натяг, мкм;

$R_{z_1}$  і  $R_{z_2}$ , – висота мікронерівностей поверхонь з'єднання, мкм.

Під час запресування втулки без нагрівання рекомендується застосування дисульфідомолібденового мастила або машинного масла для мащення поверхонь, що полегшує запресування і захищає поверхні від задирок.

Для полегшення запресування втулки і підвищення міцності з'єднання основну деталь, якщо дозволяє її конструкція, доцільно попередньо нагріти (або охолодити ДРД), оскільки при цьому середній натяг збільшується вдвічі, оскільки мікронерівності спряжених поверхонь практично не згладжуються, а міцність посадки збільшується втричі.

## **Лекція № 10**

### **Основи уніфікації технологічних процесів**

#### **Класифікація деталей сільськогосподарської техніки**

Для ремонтних підприємств характерна низька серійність виробництва, тобто за великої номенклатури деталей, які підлягають відновленню (нараховується кілька тисяч найменувань), кількість деталей одного найменування може становити лише кілька сотень на рік. Але багато деталей сільськогосподарської техніки мають схожі геометричну форму, конструктивні елементи, дефекти, матеріал тощо. Тому можна підібрати низку деталей, подібних за конструктивно-технологічними характеристиками, для яких можливо використати однакову оптимальну технологію відновлення (уніфіковану технологію). Технологічну уніфікацію проводять за двома напрямками: типізація технологічних процесів та груповий метод обробки.

Типізація технологічних процесів полягає у розробці процесів ремонту (відновлення) групи деталей із загальними конструктивними та технологічними ознаками.

Метод групової обробки, детально розроблений проф. С.П. Митрофановим, є подальшим розвитком ідей типізації технологічних процесів. В умовах індивідуального і дрібносерійного виробництва, що характерні ремонтному виробництву, широке застосування знаходить груповий метод обробки, який полягає у розробці процесів ремонту (відновлення) групи деталей з різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками.

Для подальшого вивчення технології відновлення типових деталей використано класифікацію, розроблену на кафедрі ремонту машин ХНТУСГ (табл. 1).

В основу класифікації покладено такі конструктивно-технологічні ознаки: геометрична форма деталі; конструктивні характеристики відновлюваних елементів; види та повторюваність дефектів; розмірна та вагова характеристики; розміри відновлюваних конструктивних елементів, характеристика та величина зносів; матеріал деталі та вимоги за міцністю; точносні характеристики.

З урахуванням спільності вказаних ознак всі деталі сільськогосподарської техніки можна розділити на 12 класів, а потім клас можна розбити на декілька підкласів. Значення та межі

**Таблиця 1 – Класифікація деталей сільськогосподарської техніки**

Клас	Підклас	Основні технологічні завдання відновлення
01. Стрижні круглі	01.1. Вали гладенькі і ступінчасті	Відновлення зовнішніх елементів обертання, переважно циліндричних
	01.2. Вали шліцьові	Відновлення шліцьової частини і циліндричних поверхонь обертання, необхідність термообробки
	01.3. Вали колінчасті	Відновлення ексцентрично розміщених поверхонь
	01.4. Вали розподільні	Відновлення потрібного профілю кулачків
02. Циліндри порожнисті	02.1. Стакани, маточини, втулки	Відновлення зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь обертання
	02.2. Гільзи циліндрів	Відновлення внутрішніх і зовнішніх циліндричних поверхонь
03. Диски	03.1. Диски, маховики, шків	Відновлення зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь, які відрізняються великими діаметральними розмірами; необхідність балансування більшості деталей
	03.2. Котки, напрямні колеса	Те саме, що і 03.1, але великі зноси поверхонь вимагають особливих способів відновлення (залиття рідким металом, установлення бандажів, електрошлакового наплавлення тощо)
04. Дрібні деталі	04.1. Поршневі пальці	Відновлення зовнішніх циліндричних поверхонь специфічними способами (гідротермічним роздаванням, гарячим розкатуванням тощо)
	04.2. Валики вентиляторів і штовхачів, осі шестерень	Відновлення зовнішніх поверхонь з незначними зносами (переважно гальванічними способами)
05. Колеса зубчасті	05.1. Шестерні	Відновлення зубчастого вінця
	05.2. Зірочки	Відновлення зубів і западин зірочок
06. Важелі	06.1. Шатуни	Відновлення нижньої і верхньої головок шатуна і кришки з високою точністю обробки і взаємного розміщення
	06.2. Тяги, важелі	Відновлення отворів і торців головок із заданою точністю їх взаємного розміщення
07. Корпусні деталі	07.1. Блоки циліндрів	Відновлення тріщин у перемичках між отворами під гільзи, поверхонь і неспіввісностей отворів під вкладиші
	07.2. Головки блока циліндрів	Відновлення клапанних гнізд, площини прилягання до блока
	07.3. Корпуси	Відновлення циліндричних і плоских поверхонь з високими вимогами до точності їх обробки і просторового розміщення, зароблювання тріщин
08. Деталі просторові тонкостінні	08.1. Кришки, кожухи, карттери	Відновлення плоских поверхонь, замазування тріщин, відновлення гладеньких і нарізних отворів
	08.2. Тонкостінні деталі облицювання	Усунення вм'ятин, замазування тріщин
09. Деталі площинні	09.1. Вилки переключення передач	Відновлення плоских робочих поверхонь
10. Деталі профільні	10.1. Лемеші, лапи, диски сошників	Відновлення лез і проектної геометрії деталей
11. Пружини, ресори	11.1. Пружини 11.2. Ресори	
12. Деталі спеціальні	12.1 Радіатори, ланки гусениць тощо	Деталі мають специфічну технологію відновлення



вимірювання розмірно-точносних характеристик деталей тракторів, комбайнів, автомобілів та сільськогосподарських машин стосовно найбільш масових підкласів наведено у табл. 2.

**Таблиця 2 - Значення параметрів деталей**

Підклас	Маса деталі, кг	Габаритні розміри деталі, мм		Зовнішні посадочні поверхні, мм		Внутрішні посадочні поверхні, мм		Діаметр допоміжних отворів, мм	Допустимі зноси поверхонь, мм		Точність відновлених поверхонь, квалітет	Шорсткість, мкм
		ширина (діаметр), мм	довжина, мм	діаметр	довжина	діаметр	довжина		зовнішніх	внутрішніх		
01-1 Вали глуденські	0,17-24	15-220	100-1600	15-140	10-430	-	-	8-50	0,02-0,70	-	7-11	0,25-40
01-2 Вали шліцьові	1,2-17,3	24-300	200-1590	20-110	10-100	-	-	-	0,02-0,80	-	7-10	0,50-20
02-2 Стакани, маточини, втулки	0,37-17,5	70-350	30-200	52-240	8-150	35-150	10-100	8,5-25	0,015-0,54	0,015-0,074	7-10	0,25-5,0
03-1 Маховики, шківви, диски	0,74-51	100-518	15-162	55-500	-	16-205	10-100	5-30	0,04-0,80	0,03-0,86	7-12	0,25-20
0,6-2 Тяги, важелі	0,1-5	-	50-550	-	-	-	-	8-50	0,12-3,0	0,03-2,15	7-14	0,8-6,3
0,7-2 Корпуси	8,4-231,6	109-527	340-1614	-	-	50-298	10-150	10-150	-	0,03-0,23	7-10	0,40
09 Деталі площинні	0,3-2	25-258	80-300	-	-	-	-	15-22	0,1-2,0	0,072-0,37	8-14	0,8-6,3

Розробка уніфікованої технології здійснюється у такій послідовності:

- класифікація деталей, які підлягають відновленню, об'єднання деталей у групи, попередній вибір типових представників;
- кількісне оцінювання груп деталей, визначення річної програми відновлення та встановлення ступеня уніфікації технологічних процесів (одиночні, типові, групові);
- аналіз повторюваності дефектів, установа доцільності усунення всіх дефектів, особливо з низькою повторюваністю, які потребують спеціальних методів усунення або обладнання;
- вибір найпрогресивніших методів усунення дефектів з урахуванням зносів, які забезпечують мінімальні припуски на обробку, і орієнтування на наявне обладнання або таке, що можна придбати чи виготовити;
- встановлення технологічних баз, які забезпечують точність та надійність базування. Зазвичай, за бази вибирають найменш зношені поверхні, або ті, що застосовувались при виготовленні деталей;
- складання технологічних маршрутів обробки: розробляється комплексна деталь або комплексний маршрут (рис. 1) і визначається послідовність операцій та склад обладнання. При виборі типів та типорозмірів обладнання необхідно, щоб характеристики обладнання відповідали розмірно-точнісним параметрам відновлюваних деталей;
- розробка технологічних операцій, вибір їх структури, конструювання або вибір універсального переналагодженого оснащення, встановлення раціонального переходу, нормування операцій.

### **Ремонт деталей класу «Стрижні круглі»**

Вали гладенькі і ступінчасті (підклас 01.1.) є тілами обертання з гладенькою або ступінчастою зовнішньою поверхнею і, в окремих випадках (до 7 % деталей), з наявністю фланця.

Виготовляються вали переважно з вуглецевих сталей (45, 35, 50), близько 25% найменувань деталей – із легованих сталей 40Х, 25ХГТ, 50Г, 18ХГТ і 4% зі сталей звичайної якості (переважно деталі комбайнів).

Близько 70% деталей мають довжину до 600мм і діаметр до 85мм, і лише 3% деталей – конструктивні елементи діаметром 155-

220мм. Довжина більшості зовнішніх відновлюваних поверхонь не перевищує 80мм. Шпонкові канавки завширшки 6-10мм.

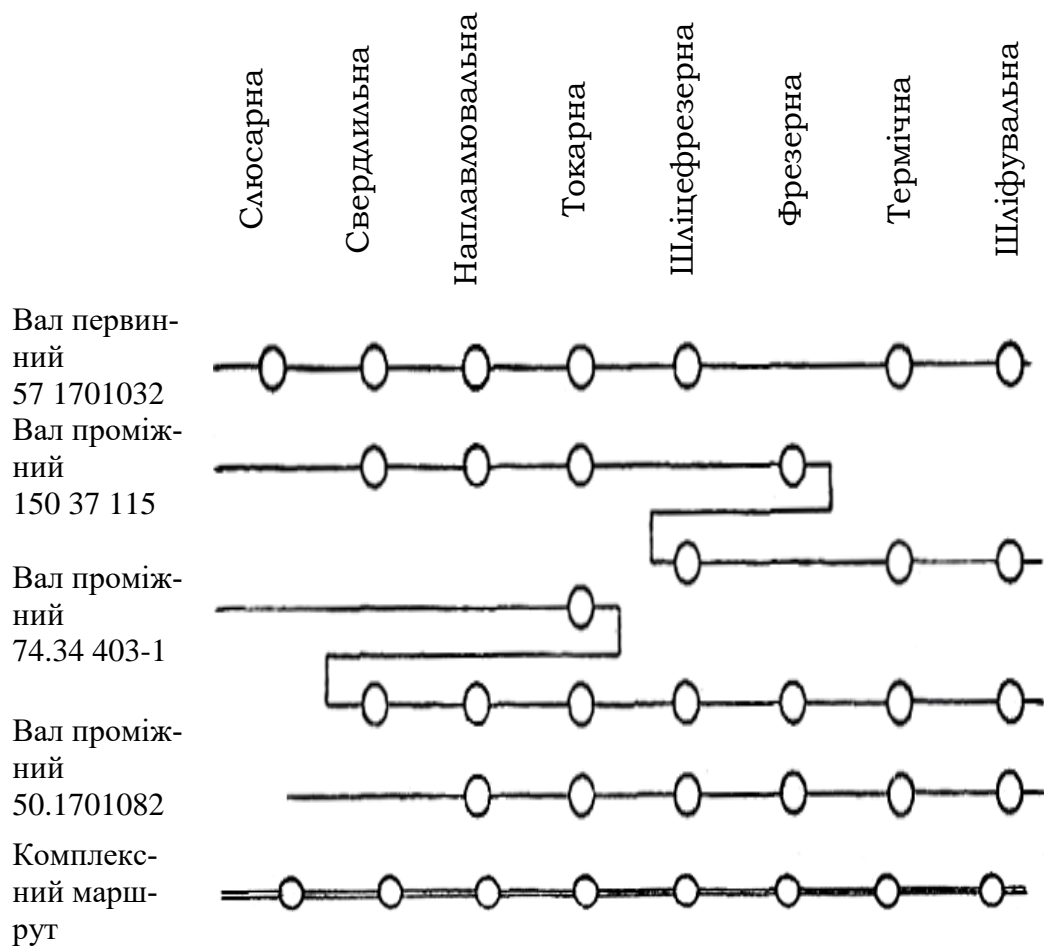


Рис.1 – Схема комплексного технологічного маршруту

Допускається непаралельність осей – у 10% деталей, радіальне биття (0,03-0,10мм) – у 30, торцеве биття – у 5% деталей.

Посадочну поверхню з міцністю HRC<sub>e</sub> 40 мають 10 % деталей цього підкласу. Дефекти деталей підкласу «Вали гладенькі і ступінчасті» зображені на рис. 2.

Наявність дефектів зовнішніх циліндричних поверхонь контролюється мікрометром (ціна поділки 0,01мм), згин деталі і биття фланців – індикатором (0,01мм) на штативі, знос конічних, фасонних та нарізних поверхонь – шаблонами та калібрами.

Найбільша повторюваність дефектів зовнішніх циліндричних поверхонь, до того ж у 60 % деталей підлягають відновленню дві, а в деяких деталях 3-4 і навіть 5 циліндричних поверхонь. Досить часто вали мають дефекти шпонкових пазів і зовнішньої нарізки.

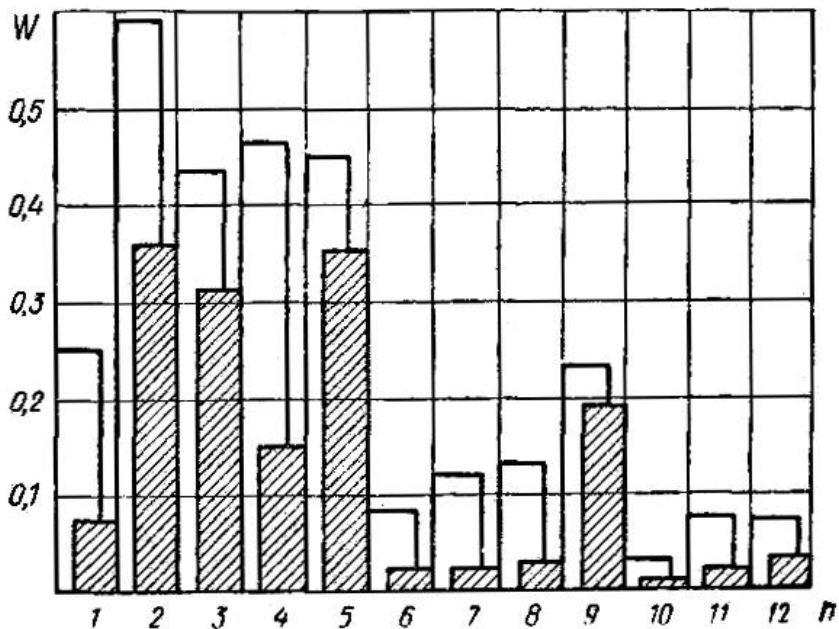


Рис. 2 – Характеристика дефектів деталей підкласу «Вали гладенькі і ступінчасті»:  $n$  – назва дефектів;  $W$  – середня повторюваність дефектів; 1 – згин деталі, 2 – зношування поверхні під підшипники кочення; 3 – зношування поверхні під підшипники ковзання; 4 – зношування, пошкодження зовнішньої нарізі; 5 – зношування шпонкових пазів; 6 – зношування, пошкодження нарізних отворів; 7 – зношування осьових отворів; 8 – зношування допоміжних отворів; 9 – зношування поверхонь нерухомих спряжень; 10 – биття фланців; 11 – тріщини у зварних швах; 12 – зношування лисок

Допустимий знос посадочних місць під підшипники (вальниці) кочення не перевищує 0,07 мм, а під сальники і манжети може досягати 0,5-0,8 мм. Граничним зносом шпонкових канавок є збільшення його по ширині на 15%.

У деталях даного класу технологічними базами є центрові отвори. Перед відновленням центрові отвори перевіряють (візуально) і, за необхідності, виправляють центрувальними свердлом або зенківкою, чи проточуванням різцем на токарному верстаті (деталь базується за найменш зношеною поверхнею). У випадку відсутності центрових отворів базами є найменш зношені поверхні.

Технологічний маршрут. Після дефектації та сортування виправляють центрові отвори (вертикально- або радіально-свердлильний верстат з пристроями).

Вали, які мають згин, правлять на пресі. Після правки наплавають нарізні частини, циліндричні поверхні, заправляють шпонкові пази. Для цього використовують наплавлення у середовищі вуглекислого газу (азоту, аргону, гелію) вуглецевим (Нп-30, Нп-40), легованим (Нп-30ХГСА, Нп-65Г) або високолегованим (Нп-30ХН13, Нп-40ХН13) дротом діаметром 1,2-1,8 мм. Інколи застосовують порошковий електрод (ППАН-122, ППАН-125) діаметром 2,6-3,2 мм.

Може застосовуватися також газополуменеве та плазмове наплення чи наплавлення, залізнення у ванні або натирання, приварення сталльної стрічки. У разі відновлення посадочних поверхонь гладеньких валів приварюванням сталльної стрічки їх спочатку шліфують, а потім приварюють стрічку і знову шліфують до розміру за кресленням.

Наплавлені вали нормалізують на установці СВЧ за температури 880-920°C, потім охолоджують на повітрі. Нормалізація поліпшує мікроструктуру металу, знижує його міцність до 250НВ і внутрішні напруження та поліпшує оброблюваність лезовим інструментом.

Виконують токарну і фрезерну механічну обробку. Після цього здійснюють загартування поверхонь на установці СВЧ, правку на пресі, шліфування, слюсарну обробку, очищення, консервацію.

Для підвищення міцності поверхневого шару і збільшення ресурсу деталі доцільно застосовувати такі методи зміцнювальної технології, як алмазне вигладжування, обкатування кульками віброобкатування, лазерне зміцнення.

Пошкодження різьби в окремих випадках може бути усунено також:

- прогонкою її плашкою (мітчиком);
- обточуванням (розсвердленням) зношеної різьби з подальшим нарізанням різьби ремонтного розміру;
- вібродуговим наплавленням без подачі охолоджувальної рідини, обточуванням та нарізанням різьби розміру за кресленням.

Шпонковий паз можна відновити фрезеруванням під збільшений ремонтний розмір та виготовленням ступінчастої шпонки; фрезеруванням паза нормального розміру на новому місці.

Вали шліцьові (підклас 01.2.) Особливістю шліцьових валів є наявність однієї (до 70% деталей) або кількох зовнішніх шліцьових

поверхонь.

Крім шліців, ці деталі мають 1-5 циліндричних поверхонь, 50% деталей мають різьбові поверхні.

Довжина деталей змінюється у значних межах, але 60% деталей мають довжину до 500 мм, найбільший діаметр 80% деталей не перевищує 100 мм.

Шліцьова частина завдовжки переважно до 100мм, а діаметр у межах 30-40 мм або 50-60 мм. Ширина шліців 6-14 мм.

До 60 % шліцьових валів виготовлені з легованих сталей (40Х, 38ХС, 18ХГТ, 20ХНР тощо), решта – з вуглецевих якісних сталей 45, 40, 35.

Вимоги до міцності шліцьових поверхонь знаходяться в межах  $38 \leq \text{HRC} \leq 52$ .

Дефекти деталей підкласу «Вали шліцьові» зображені на рис. 3.

Контроль зносу шліцьових поверхонь проводять мікрометром (0,01мм) та штангенциркулем (0,05 мм або 0,1 мм).

З ремонтного фонду деталей 35-75% матимуть знос шліців за товщиною, 15-65% – на конус, і практично кожна деталь буде з дефектами циліндричних поверхонь.

Допустимі зноси шліцьових поверхонь за товщиною знаходяться в межах 0,05-2 мм при середньому значенні 0,55 мм. Знос понад 1мм матимуть шліци не більше 10% деталей. Знос шліців по зовнішньому діаметру становить 0,1-0,2 мм.

Технологічний маршрут усунення дефектів включає: миття, дефектацію, виправлення центрових отворів, правку, наплавлення (шліців, посадочних місць, нарізки, шпонкових пазів), нормалізацію СВЧ, правку, механічну обробку, загартування СВЧ з відпуском у печі, шліфування (посадочних місць, шліців за зовнішнім діаметром), слюсарну обробку, миття, контроль, консервацію.

Шліцьові поверхні відновлюють наплавленням, приварюванням присадного матеріалу з подальшим осадженням і пластичним деформуванням шліців.

Компенсація зношеного шару шліців механізованим наплавленням здійснюється дротом Нп-30ХГСА або Нп-65Г під шаром флюсу (АН-60, АН-348А) у середовищі вуглекислого газу. Наплавлення може проводитись по гвинтовій лінії або вздовж бокової поверхні шліців. Після обточування шліци фрезерують на шліце-фрезерному верстаті. У ХНТУСГ розроблений спосіб, за яким вал по

установочним отворами орієнтують на шліці на фрезерному верстаті так, що зрізання наплавленого шару металу відбувається з робочої поверхні шліца на величину, яка перевищує величину зносу. За цього методу обробки у спряженні працюють шліці поверхнею основного металу валу.

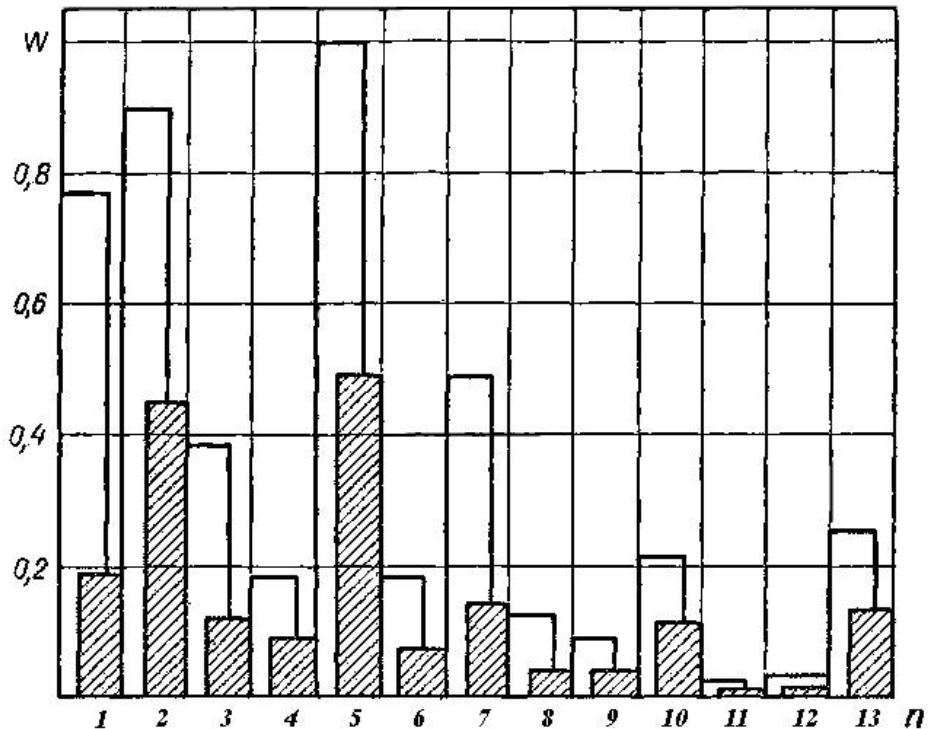


Рис.3 – Характеристика дефектів деталей підкласу «Вали шліцьові»:  $n$  – назва дефектів;  $W$  – середня повторюваність дефектів; 1 – згин деталі; 2 – зношування поверхні під підшипники кочення; 3 – зношування поверхні під сальники, манжети; 4 – зношування поверхонь нерухомих спряжень; 5, 6 – зношування шліців відповідно за товщиною і на конус; 7 – зношування зовнішньої різьби; 8 – зношування, пошкодження різьбових отворів; 9 – зношування осьових отворів; 10 – зношування, пошкодження зубів шестерень; 11 – зношування внутрішніх поверхонь під підшипники; 12 – зношування осьових нарізних отворів; 13 – зношування внутрішніх шліців

Приварювання пластин на попередньо проточену поверхню шліців проводиться віброконтактним способом з одночасним осадженням зварювальними роликками та роздаванням шліців за шириною. Після цього виконують точіння по зовнішньому діаметру та шліфування бокових поверхонь вздовж твірної. За цим способом

невисоке нагрівання деталі хоча і зменшує короблення, але нерівномірні і великі зноси важко усунути.

Компенсація зносу шліців пластичним деформуванням проводиться шляхом роздавання холодним способом шліців конусними роликками (HRC<sub>e</sub> 54-56) з проштовхуванням валу гідравлічним пресом через спеціальну головку. Перед роздаванням проводиться нормалізація валу (нагрівання до 800-850°C з охолодженням на повітрі). Канавку, яка утворилася після роздавання, заплавляють, шліци калібрують або шліфують по зовнішньому діаметру та боковим поверхням. Спосіб ефективний у разі зносів шліців за товщиною не більше 0,7 мм.

### **Ремонт деталей класу «Циліндри порожнсті»**

Гільзи циліндрів (підклас 02.2.) двигунів сільськогосподарської техніки мають внутрішній діаметр 100-150 мм, довжину 200-400 мм, зовнішній діаметр 125-180 мм.

Виготовляються із сірого (СЧ18-36, СЧ22-44) або спеціального чавуну. Гільзи циліндрів ЗІЛ, ЗМЗ мають у верхній частині вставні гільзи. Твердість внутрішньої поверхні HRC<sub>e</sub> 40-50.

До дефектів гільз циліндрів належать: знос або задири внутрішньої робочої поверхні; знос поверхні опорного бурта, верхнього та нижнього посадочного пояса. Величина допустимих зносів відповідно становить 0,3-0,5, 0,1-0,8 і 0,05-0,07 мм. Можуть бути також кавітаційні та корозійні пошкодження зовнішньої поверхні.

Технологічною базою під час центрування гільзи циліндрів є верхня незношена частина внутрішньої поверхні гільзи. Гільзу затискають вздовж її зовнішньої поверхні у спеціальному пристрої і центрують.

Технологічний маршрут усунення дефектів передбачає очищення, миття, дефектацію, усунення кавітаційних пошкоджень, нанесення компенсаційного шару на посадочні пояски, розточування та хонінгування внутрішньої поверхні гільз, підрізання бурта, чистове хонінгування, контроль.

Очищення зовнішньої поверхні виконується металічною щіткою, на токарному верстаті, піскоструминною обробкою та кісточною крихтою.

Кавітаційні пошкодження поверхонь гільз усувають епоксидним клеєм, контактним приварюванням сталльної стрічки.



Нижній та верхній посадочні пояски відновлюють залізненням з наступною обробкою під розмір робочого креслення. Під час відновлення приварюванням сталюї стрічки пояски обточують або шліфують до діаметра, меншого за номінальний на 0,5 мм, приварюють стрічку з маловуглецевої сталі і шліфують під розмір робочого креслення.

Внутрішні поверхні гільз циліндрів розточують під один з ремонтних розмірів, якщо вони передбачені, збільшених на 0,7 мм (автомобільні двигуни 0,5; 1,0; 1,5 мм). Розточування здійснюється на алмазно-розточувальних верстатах різцями з пластинами з твердого сплаву ВК-6, ВК-2 або синтетичного матеріалу ельбору-Р.

Хонінгування гільз проводять на вертикально-хонінгувальних верстатах із застосуванням мастильно-охолоджувальної рідини ОСМ-1. Попереднє (чорнове) хонінгування ведуть брусками АКС 250/200-ММ00 К310СПК або алмазними брусками АС6МІ за режиму: колова швидкість 60-80 м/хв, зворотно-поступальна швидкість 15-25 м/хв, тиск на бруски 0,8-1,5 МПа, припуск на хонінгування 0,05 мм. Завершальне хонінгування виконують брусками АСО80/63-Р11Р9-50, КЗМ20СМЩ, алмазними брусками АСМ20МІ.

Для компенсації зношеного шару внутрішньої поверхні гільз, які вийшли за межі ремонтних розмірів або для яких не передбачені ремонтні розміри, розроблено декілька способів. Спосіб термоосадження полягає у тому, що шляхом безперервного нагрівання до 840-880°C СВЧ та надання гільзі зворотно-поступального та обертального рухів з одночасним внутрішнім охолодженням водою внутрішній діаметр зменшується. Після температурного формозмінення гільза підлягає механічній обробці.

Спосіб контактного приварювання сталюї стрічки здійснюється на установці 011-1-06 за сили струму 5,7 кА, зусиллі притискання електродів 1,7-1,9 кН, подачі зварювальної головки 8-10 м/год.

Заслуговує на увагу відновлення внутрішньої поверхні гільз циліндрів суміщеним процесом розточування і поверхневого пластичного деформування

На кафедрі ремонту машин ХНТУСГ розроблена, виготовлена і випробувана оснастка для реалізації суміщеного процесу розточування і ППД внутрішньої поверхні циліндрів двигунів Д-144. Розроблено спеціальний шпіндель, комбінована головка і пристрій

для закріплення циліндрів.

Оптимальні режими процесу: швидкість розточування і ППД 395,64 м/хв (1200 об/хв), подача 0,05 мм/об, зусилля ППД 2,5 МПа, припуск на ППД 0,02-0,04 мм.

Розроблена оснастка і вибрані режими дозволяють підвищити продуктивність процесу в 7-8 разів і зменшити знос циліндрів за рахунок зміцнення поверхневого шару в 1,5 рази порівняно з циліндрами, відновленими розточуванням з подальшим хонінгуванням.

### **Ремонт деталей класу «Диски»**

Диски, маховики, шківни, (підклас 03.1.) представляють собою тіла обертання з діаметральними розмірами, які перевищують довжину деталі і потребують відновлення зовнішніх, внутрішніх та торцевих поверхонь, а також балансування.

Дефекти деталей зображено на рис. 4. Зовнішній діаметр деталей цього підкласу знаходиться в межах 100-520 мм. Найбільша кількість деталей мають діаметр 200 мм. Зовнішні відновлювані елементи деталей можуть мати діаметр до 500 мм. Осьові отвори діаметром до 200 мм, а отвори на торцях – від 5 до 30 мм 20% деталей мають масу понад 24 кг, тому робочі місця слід оснащувати підйомно-транспортним обладнанням. Виготовлені деталі із сірого чавуну (до 50% найменувань деталей – це СЧ18-36) та 30 % з вуглецевої сталі звичайної якості.

Для контролю зносів застосовують індикаторні нутроміри – 0,01мм, штангенциркулі – 0,05-0,1 мм, лінійку та набір щупів.

Коефіцієнти повторюваності дефектів за спрацюванням зовнішніх, торцевих робочих, внутрішніх циліндричних, торцевих отворів, шпонкових канавок знаходяться у межах 0,6-1,0.

Величина допустимих зносів внутрішніх циліндричних поверхонь 0,05-0,50 мм, у тому числі - 80% зі спрацюванням до 0,2 мм.

Вибираючи спосіб відновлення зовнішніх циліндричних поверхонь слід мати на увазі, що зовнішні циліндричні поверхні мають знос до 1 мм і 50% від 1 до 6 мм. Допустимий знос, жолоблення, биття торцевих поверхонь 0,2-2,5 мм, з них 50% - до 1 мм.

Технологічними базами під час обробки є поверхня, на якій не нарощувався шар металу. Це може бути внутрішня або зовнішня циліндрична поверхня і торець. Якщо компенсація зношеного шару здійснювалася на всіх поверхнях, то на першій операції базуються

на необробленій зовнішній циліндричній поверхні, на подальших – на обробленому отворі і торці.

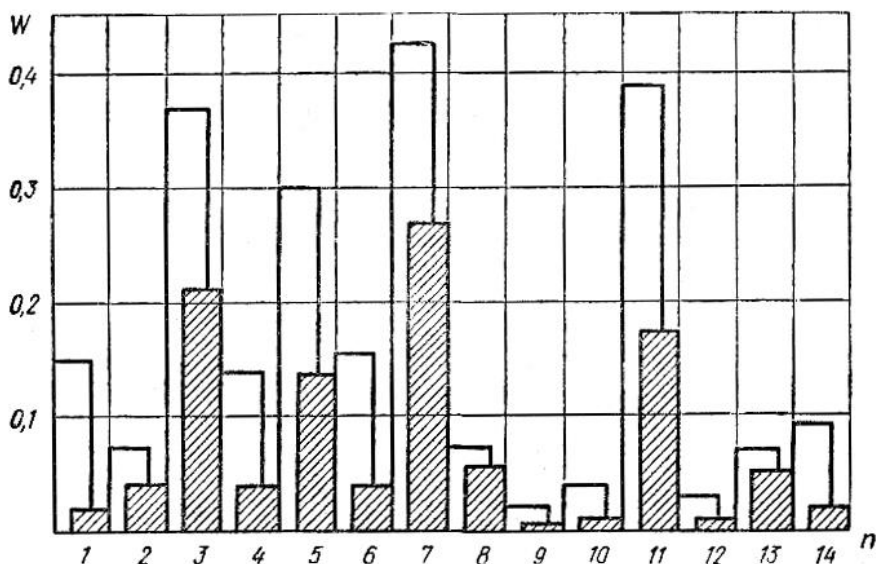


Рис. 4 – Характеристика дефектів деталей підкласу «Диски, маховики, шків»: 1 – тріщини, зломи; 2 – незбалансованість; 3, 4, 5 – зношування відповідно торцевої робочої поверхні, конічних поверхонь, торцевих отворів; 6 – зношування, пошкодження нарізки; 7 – зношування циліндричних зовнішніх поверхонь; 8 – зношування шипів і пазів; 9 – зношування, пошкодження зубчастих вінців; 10 – зношування зовнішніх шліців; 11, 12 – зношування внутрішніх відповідно циліндричних і конічних поверхонь; 13 – зношування шпонкових канавок; 14 – пошкодження внутрішніх шліців

Технологічний маршрут відновлення шківів: розточують поверхню отвору (токарно-гвинторізний верстат); заварюють тріщини, наплавляють обломи, шпонковий паз, поверхню отвору дротом ПАНЧ-11; на токарно-гвинторізному верстаті зачищають наплавлений метал, знімають фаску, розточують отвір; обточують робочі поверхні до виведення слідів зношування; виготовляють шпонковий паз на довбальному верстаті, балансують шків на балансувальному стенді (для забезпечення балансування видаляють метал свердлом Ø15 мм).

Опорні котки, напрямні колеса, підтримувальні ролики (підклас 03.2.) мають великі (до 10 мм) зноси зовнішніх циліндричних поверхонь. Для компенсації їх металу розроблено низку способів,

що забезпечують високу продуктивність: заливання рідким металом, бандажування, електрошлакове наплавлення.

Заливання рідким металом. Коток нагрівають у шахтній печі до 500°C і витримують одну годину. Зачищають зовнішню поверхню, покривають лаком (КФ965) і наносять шлак (АНШ-200). Нагрівають в індукторі до 950-1150°C, поміщають у ливарну форму і заливають розплавленим металом. Твердість металопокриття НВ 320-390. Механічна обробка не потрібна. Стійкість ободу на рівні нового.

Бандажування – найпростіший спосіб, який можна виконувати навіть у малих майстернях. Виготовлене зі сталльної штаби кільце напресовують на попередньо проточену поверхню ободу і з торців приварюють електродуговим зварюванням. Ресурс майже 60% нових.

Електрошлакове наплавлення ободу колеса полягає у використанні тепла, яке виділяється при проходженні електричного струму від електроду до ободу через розплавлений шлак. Під дією цієї теплоти плавиться електродний дріт і оплавляє обід.

Тріщини на спицях заварюють електродом ОММ-51 діаметром 4-5 мм, попередньо знявши фаски 4×45°.

Після обробки напрямних коліс биття поверхні отвору маточини відносно торцевих поверхонь не більше 0,25 мм, зовнішньої поверхні осі отвору маточини не більше 2 мм.

### **Ремонт деталей класу «Важелі»**

Тяги і важелі (підклас 06.2.) являють собою переважно стрижні з однією або кількома головками, які мають гладенькі, конічні та нарізні отвори.

Довжина деталей коливається в межах 50-550 мм, але найбільша кількість важелів мають довжину близьку до 100 мм при середній масі 1,2 кг і максимальній – 5 кг. На одній деталі може бути до 4 відновлених отворів діаметрами від 8 до 50мм. Точність обробки за 7-10 квалітетами при шорсткості на рівні Ra 0,8-6,3. Матеріал 80 % деталей підкласу – вуглецева якісна сталь (45, 40, 45Л), а також легована (40Х, 45Х, 12ХНЗА) і звичайної якості. Зустрічаються також важелі з ковкого чавуну (КЧ35-10). Твердість поверхонь більшості деталей НВ 170-217.

Основним дефектом деталей цього підкласу є знос гладеньких отворів (80% деталей). Згин або скручування відбувається у

20% деталей, знос внутрішніх шпонкових або шліцьових поверхонь – у 40%, а зовнішніх плоских, сферичних і фасонних поверхонь – у 27% деталей.

Допустимий знос отворів коливається в широких межах (0,12-2мм), а торцевих поверхонь – 0,18-3 мм.

Технологічними базами при відновленні є торці бобишок (головок) і отвори, інколи допоміжні бази у вигляді фрезерованих площадок і центрових отворів.

Технологічний маршрут. Правку важелів і тяг проводять у холодному стані або місцевим нагріванням до 800°C. Отвори важелів розвертають під збільшений розмір або відновлюють установленням втулки і розвертанням її під розмір за робочим кресленням. Торцевий знос компенсують установленням шайб або наплавленням електродами ОЗШ-2 і ЕНУ-2 з наступною термічною і механічною обробкою. Зношені шліцьові або шпонкові внутрішні поверхні заправляють, свердлять, а потім протягують.

### **Ремонт деталей класу «Корпусні деталі»**

Деталі підкласу «Корпуси» (підклас 07.3.) мають значні габаритні розміри – довжину до 1600мм, ширину до 500 мм, висоту до 750 мм. Маса 50% перевищує 50кг і досягає 233 кг.

Основними конструктивними елементами є отвори під підшипники у зовнішніх й інколи у внутрішніх стінках (окремі деталі мають більше 8 таких отворів). Діаметр цих отворів знаходиться в межах 50-298 мм, а довжина твірної – 10-30 мм. Виконуються вони з точністю не вище 7 квалітету і параметром шорсткості не більше  $R_a$  40. Діаметр нарізних отворів коливається від 6 до 20 мм.

Корпусні деталі виготовляються із сірих (СЧ 15-32, СЧ 18-36, СЧ 21-40), ковких (КЧ95-0), високоміцних і спеціальних чавунів, а також (до 15%) з алюмінієвих сплавів (Al9, Al11).

Дефекти деталей підкласу «Корпуси» зображені на рис. 5.

Найбільший коефіцієнт повторюваності дефектів мають зноси посадочних поверхонь під підшипники і пошкодження нарізних отворів.

Допустимі зноси отворів змінюються від 0,01 мм до 0,23 мм, за середнього значення 0,072 мм, зноси отворів малого діаметра 0,03-1 мм.

Технологічні бази вибирають так, щоб встановлення здійснювалось по неспрацьованій обробленій плоскій поверхні. Часто

використовують допоміжні бази у вигляді двох отворів.

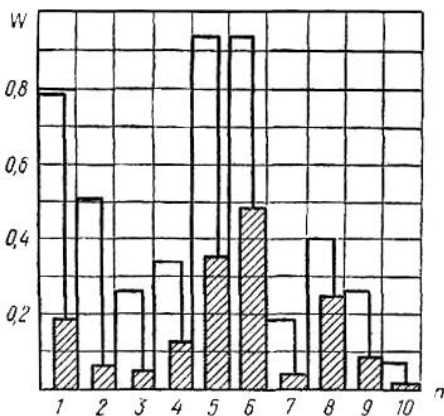
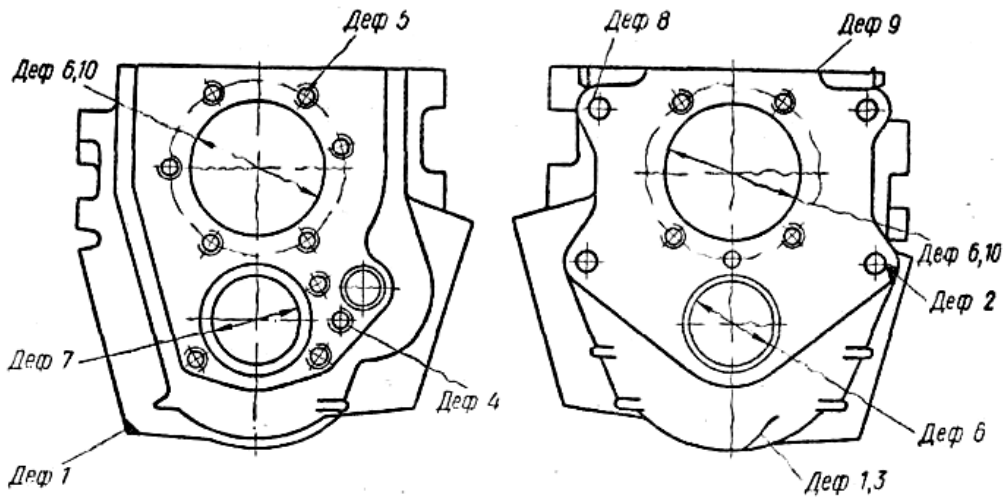


Рис. 5 – Характеристика дефектів деталей підкласу «Корпуси»:  $n$  – назва дефектів;  $W$  – середня повторюваність дефекту;

1, 2 – тріщини, які відповідно не виходять і виходять на оброблювану поверхню; 3 – пробоїни на необроблюваній поверхні;

4 – злом болтів або шпильок; 5 – пошкодження нарізних отворів;

6 – зношування посадочних отворів у внутрішніх стінках;

7, 8 – зношування отворів малого діаметра; 9 – неплощинність, непаралельність, неперпендикулярність плоских поверхонь;

10 – перекося, непаралельність осей отворів

Технологічний маршрут розглянемо на прикладі корпусу коробки передач.

Після миття, зачищення базової і бокової площини від прокладок і забоїв виявляють кінці тріщини. На відстані 6-10 мм від видимого кінця розсвердлюють отвори діаметром 3 мм, заварюють тріщини, наплавляють відколоті вушки і бобишки, зачищають зварні шви і перевіряють на герметичність.

Висвердлюють зламані болти, розсвердлюють отвори з пошкодженою нарізною поверхнею, зенкують фаску, нарізують нарізку під спіральні вставки, вкручують спіральні вставки. Розточують

отвори під підшипники первинного, вторинного і проміжного валів та вісь шестерень заднього ходу для встановлення втулок. Запресовують втулки у розточені отвори, розточують отвори у втулках під розмір за робочим кресленням за одне встановлення, витримавши міжцентрову відстань.

Посадочні поверхні під підшипники відновлюють у корпусних деталях також гальванічним покриттям (місцеве залізнення), встановленням вкрутних кілець, полімерними матеріалами, контактним приварюванням стрічки або порошку.

Усунення дефектів нарізних отворів може проводитись також заварюванням отворів з подальшим нарізанням різьби, встановленням вкрутнів, нарізанням різьби ремонтного розміру (збільшеного).

Для замазування тріщин застосовують також клейові композиції, фігурні вставки.

Під час механічної обробки корпусних деталей використовують радіально-свердлильний верстат, горизонтально-розточувальний верстат, пневматичну зачисну машину.

### **Ремонт деталей класу «Деталі площинні»**

Вилки переключення передач (підклас 09.1.) являють собою деталі з прямолінійною або кільцевою робочою поверхнею. Конструктивно вони можуть бути виконані із суцільними розрізними отворами або рейками круглого і прямокутного перерізів (рис. 6).

Деталі підкласу «Вилка переключення» мають порівняно невеликі габаритні розміри до 300 мм завдовжки і до 55 мм завширшки, а за наявності рейок - до 257 мм. Довжина відновлюваних прямолінійних частин щік вилок коливається в межах 25-47 мм, а товщина до – 9 мм. Ширина зева вилки 30-130 мм. Отвори головок вилок можна обробляти на свердлильних верстатах, оскільки їх діаметр становить 15-22 мм. Ширина пазів головок і рейок 14-18 мм. Маса деталей знаходиться в межах 0,3-2 кг. Деталі даного підкласу виготовлені зі сталей 35, 45, 40Х, 45Х. Твердість щік деталей HRC<sub>c</sub> 42-52, що потребує загартування з нагріванням СВЧ.

Дефектами деталей є згин вилки, знос зева вилки за шириною і поверхні щік за товщиною, пазів, отворів; тріщини, зломи, знос зовнішніх циліндричних поверхонь; знос рейки.

Середні коефіцієнти повторюваності «знос щік» і «згин вилки» становлять відповідно 0,7 і 0,4.

Величина допустимих зносів поверхонь щік за товщиною

знаходиться в межах 0,1-2,2 мм, отворів 0,072-0,37 мм, пазів 0,46-1 мм. Допустимий згин вилок різних найменувань змінюється в межах 0,03-0,5 мм.

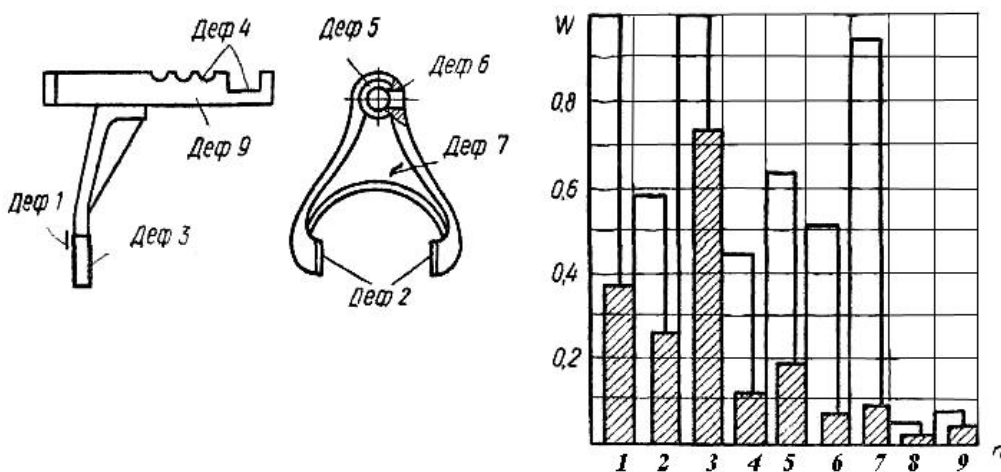


Рис. 6 – Характеристика дефектів деталей підкласу «Вилки переключення»:  $n$  – назва дефектів;  $W$  – середня повторюваність дефекту; 1 – згин вилок; 2 – зношення зеву вилок за шириною; 3 – зношення поверхні щік за товщиною; 4, 5 – зношення пазів і отворів; 6 – зношення нарізних отворів; 7 – тріщини, зломи; 8, 9 – зношення зовнішніх циліндричних поверхонь і рейки

Технологічний маршрут. Бокові поверхні щік вилок, зігнуті понад 6,3-0,5 мм, правлять на плиті. Зношені бокові поверхні щік наплавляють, фрезерують або шліфують.

### Види технологічних процесів і вихідна інформація

Для різних видів технологічних процесів ремонту виробів які застосовують у ремонтному виробництві, розробляються і оформляються відповідні комплекти технологічної документації, що складаються з окремих текстових і графічних документів. Склад, форма і зміст технологічних документів залежать від виду та призначення технологічного процесу і повинні відповідати вимогам стандартів та іншої нормативно-технічної документації.

Технологічні процеси за організацією виробництва розподіляються на одиничні, типові та групові.

Одиничний технологічний процес належить до виробів одного найменування, типорозміру і виконання.

Типовий технологічний процес розробляється на групи виробів із загальними конструктивними та технологічними ознаками.



Типові технологічні процеси розробляються також на операції одного виду робіт: очищення та фарбування деталей і складальних одиниць, гальванічних покриттів тощо.

Груповий технологічний процес розробляють на відновлення групи деталей з різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками.

За ступенем деталізації опису технологічні процеси розподіляються (ГОСТ 3.1109) на такі:

➤ маршрутний опис технологічного процесу – скорочений опис всіх технологічних операцій у маршрутній карті у послідовності їх виконання без вказання переходів і технологічних режимів:

➤ операційний опис технологічного процесу – повний опис всіх технологічних операцій у послідовності їх виконання із вказанням переходів і технологічних режимів:

➤ маршрутно-операційний опис технологічного процесу – скорочений опис технологічних операцій у маршрутній карті у послідовності їх виконання з повним описом окремих операцій в інших технологічних документах.

Вихідна інформація для розробки технологічних процесів розподіляється на базову, керуючу і довідкову.

Основні етапи розробки робочих технологічних процесів для дрібносерійного та серійного ремонтного виробництва і задачі кожного етапу наведені у табл. 3.

### **Ремонтний кресленик і схема розбирання складання**

Після виконання першого і другого етапів розробляють ремонтний кресленик деталі або схему розбирання (складання) виробу тобто (складальної одиниці).

Ремонтний кресленик деталі. До нормативно-технічної документації на ремонт належать ремонтні кресленики деталей (рис. 7). Кресленики ремонтні оформляють за правилами, встановленими ДСТУ ГОСТ 2.604:2005 та ГСТУ 3-058:2004.

Кресленики ремонтні виконують на листах формату А3. При цьому зображення відновлюваної деталі, специфікацію, технічні вимоги і таблицю категорійних розмірів виконують на першому листі, а види, розміри, перерізи, таблицю дефектів – на наступних листах. Допускається виконувати ремонтні кресленики на листах інших форматів, але не більше формату А1.

**Таблиця 3 – Основні етапи розробки технологічних процесів**

Етапи розробки технологічних процесів	Завдання цього етапу
1. Аналіз вихідних даних для розробки технологічного процесу	Вивчення конструкторської документації на виріб, технічних вимог на дефектацію, відновлювану деталь або відремонтований вузол, агрегат, машину. Ознайомлення з плануванням відповідної виробничої ділянки на цьому ремонтному підприємстві. Підбір довідкової інформації
2. Пошук аналога діючого одиничного, типового (групового) технологічного процесу	Розгляд документації для одиничних, типових (групових) технологічних процесів, які відносяться до цього виробу
3. Складання технологічного маршруту відновлення деталі, розбирання (складання) вузла, агрегату, машини	Вибір технологічних способів, застосовуваних під час відновлення деталей, визначення (або уточнення) за технологічними процесами-аналогами послідовності технологічних операцій. Визначення (або уточнення) складу засобів технологічного оснащення
4. Розробка технологічних операцій	Розробка (або уточнення) послідовності переходів в операції. Вибір засобів технологічного оснащення операції (або їх уточнення). Встановлення вихідних даних для розрахунків і розрахунків припусків на обробку і оптимальних режимів обробки
5. Нормування технологічного процесу	Встановлення вихідних даних, необхідних для розрахунків норм часу і їх розрахунок. Визначення розряду робіт і обґрунтування професій виконавців для виконання операцій залежно від складності робіт
6. Розрахунок економічної ефективності варіантів технологічних процесів	Вибір оптимального варіанту робочого технологічного процесу
7. Оформлення робочих технологічних процесів	Заповнення форм технологічної документації відповідно до вимог стандартів ЕСТД і галузевої нормативно-технічної документації. Нормоконтроль технологічної документації (ГОСТ 3.1116 ЕСКД). Погодження і затвердження

На складальному ремонтному кресленнику, за необхідності, наводять підготовку під встановлення додаткової деталі. Допускається для додаткових деталей нескладної конфігурації (типу втулок) на поле ремонтного кресленника наводити дані для виготовлення і контролю.

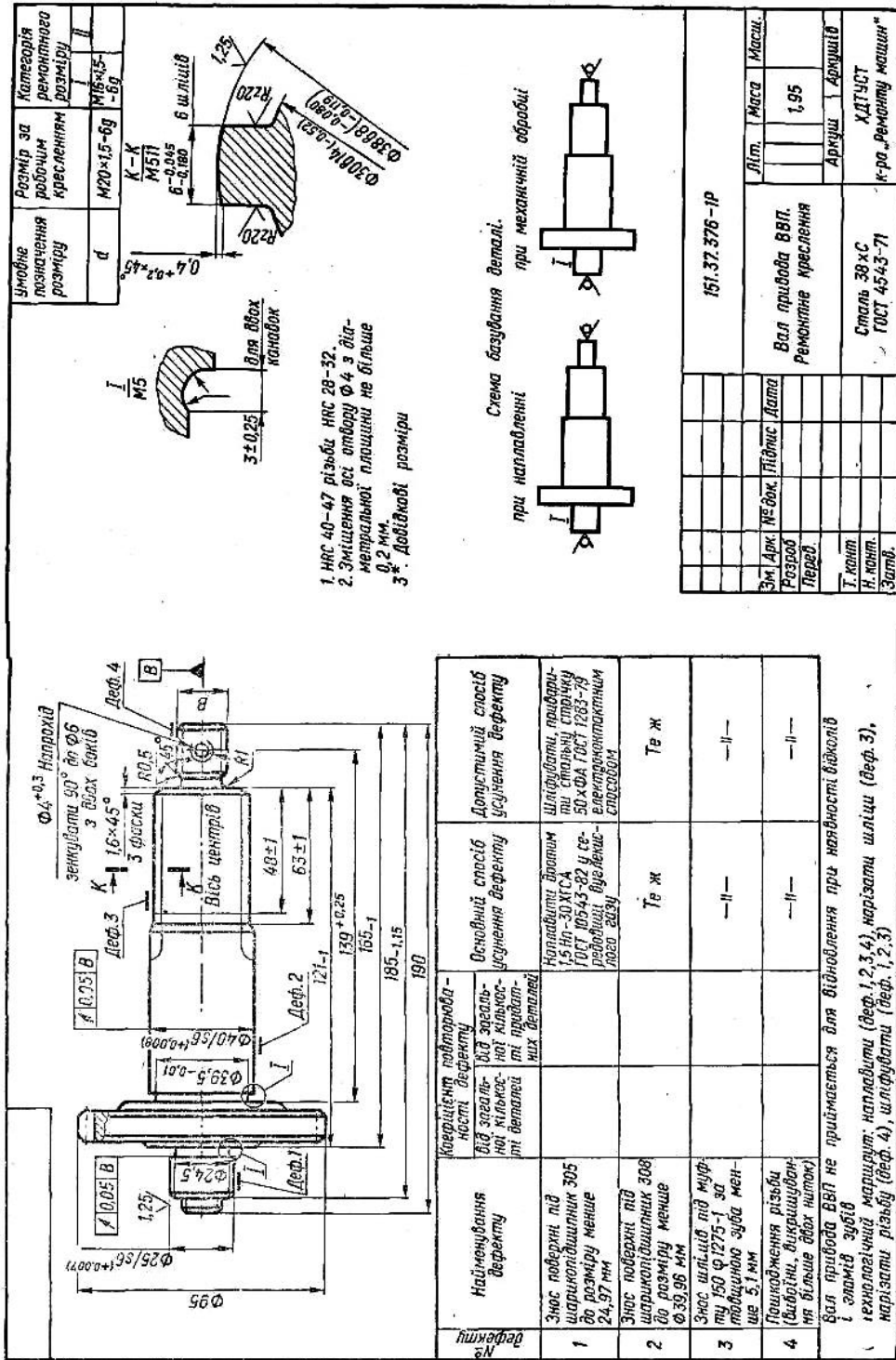
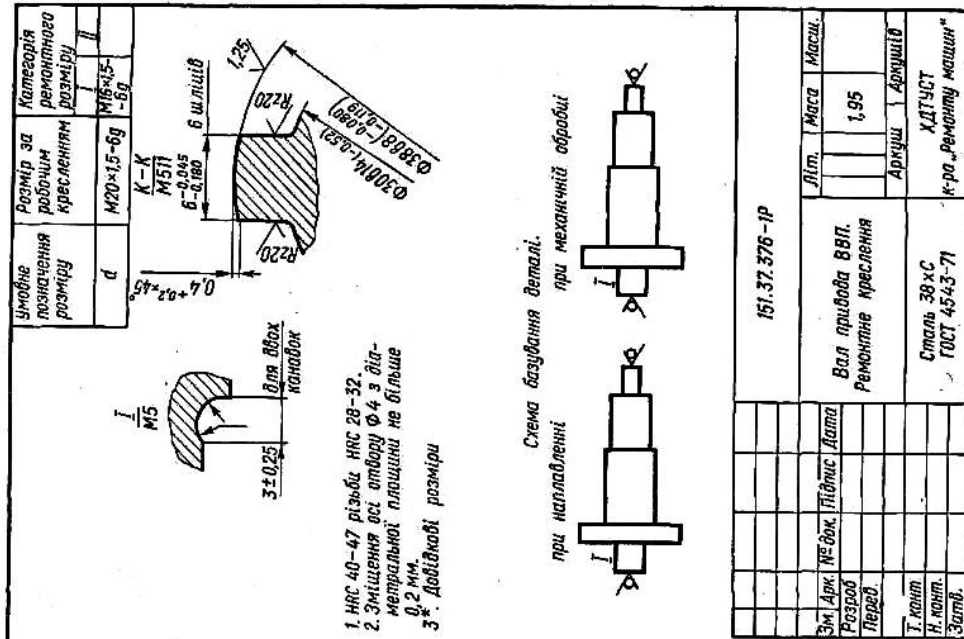


Рис.7 – Ремонтний кресленник



На ремонтних креслениках поверхні, які підлягають обробці під час ремонту, виконують основною суцільною товстою лінією, решту частини зображення – суцільною тонкою лінією (у два-три рази тоншою основної суцільної лінії). Місця дефектів нумерують відповідно до номера дефекту, вказаного у таблиці дефектів, наведеній на ремонтному кресленику. На ремонтних креслениках зображують тільки ті види, розрізи і перерізи та вказують ті розміри, граничні відхилення, допустимі похибки взаємного розміщення осей і поверхонь, параметри твердості, шорсткості поверхонь тощо, які мають бути виконані і перевірені у процесі відновлення деталі.

Числові значення і позначення розмірно-точнісних характеристик, параметрів твердості та шорсткості поверхонь мають бути такими, як на робочому кресленику.

Схема розбирання (складання) складальної одиниці є доцільною (необов'язковою) вихідною інформацією для опису технологічного процесу розбирання (складання), а також може бути використана як самостійний технологічний документ на робочому місці у ремонтній майстерні, а із урахуванням трудомісткості виконання робіт дає можливість ґрунтовно визначити необхідні робочі місця для виконання розбирально-складальних операцій на підприємстві, оскільки на схемі відображено можливість виконання як послідовних, так і паралельних робіт. Розбирання (складання) складальної одиниці здійснюють у певній послідовності, яка залежить від її конструкції (див. Лекція 2. Рис. 7).

Процес розбирання (складання) зображують на схемі прямою (вертикальною або горизонтальною) лінією, до якої у певних місцях примикають прямокутники, що позначають складові частини виробу (складальні одиниці і деталі). Для кращої наочності прямокутник, який схематично зображає складальну одиницю, виконується двома паралельними лініями.

На схемі розбирання прямокутники, що зображують складальні одиниці, які зніматимуть, розміщуються ліворуч за ходом лінії розбирання, а окремі деталі – праворуч.

Початком для схеми розбирання є виріб (складальна одиниця), кінцем – базова деталь.

Кожний прямокутник на схемі розділяється на чотири поля, від яких зазначаються найменування деталі або складальної одиниці, їх позначення, кількість і номер позиції за специфікацією на основному конструкторському кресленику виробу.

Схема розбирання (складання) супроводжується ескізом складальної одиниці і її специфікацією. Всі складові частини складальної одиниці нумерують на ескізі відповідно до номерів позицій, вказаних у специфікації (див. Лекція 2. Рис. 8).

Внаслідок виконання третього і четвертого етапів мають бути вибрані найдоцільніші для даних умов технологічні способи, засоби і маршрути відновлення деталей, а також складені плани операцій. Рекомендована форма для складання плану операцій наведено у табл. 4, яка для прикладу заповнена на одну операцію.

**Таблиця 4 – План операцій відновлення деталі**

Деталь: Вал привода ВВП

Позначення: 151.37-376-1

Маса: 1,95кг

Дефект 5. Пошкодження нарізі М20×1,5-6

Номер операції	Найменування операції, спосіб відновлення деталі, обладнання, пристрої, інструмент	Номер переходу	Зміст переходу
<b>Наплавлення</b>			
005	Встановлення деталі у центрах. Зварювальний напівавтомат А-537У. Зварювальний перетворювач ПСГ-500. Балон СО <sub>2</sub> 40-150 ДСТУ 3245-95. Наплавлювана установка (цехова). Шаблон 23 (цеховий).	1	Наплавити нарізну поверхню дротом 1,6 Нп-30ХГСА ДСТУ 3691-98 з діаметра 20 до діаметра 23мм на довжині 20мм

Для ремонтного підприємства розробляються і оформляються комплекти документів, які визначають технологічні процеси розбирання, складання, дефектації і відновлення деталей. При цьому встановлено такі види технологічних процесів за ступенем деталізації їх опису: маршрутний опис – для розбирання і дефектації, маршрутно-операційний – для складання складальних одиниць і відновлення деталей.

Технологічну документацію, яку розробляють і застосовують на ремонтних підприємствах, оформляють відповідно до вимог стандартів ЕСТД з урахуванням, роз'яснень і обмежень, викладених у

ГСТУ 3-058:2004 і СОУ 29.3-37-186:2004. Цими документами передбачені різні види технологічних документів: маршрутна карта (МК), карта типового технологічного процесу (КТТП), наприклад, на очисні або електролітичні операції, операційна карта для різних видів операцій (наплавлення, механічної обробки, технічного контролю тощо), карта технологічного процесу дефектації (КТПД), карта ескізів до технологічних операцій (КЕ) тощо. До групи відомостей відносять: відомість технологічних документів (ВД), які містяться у комплекті документів технологічного процесу, відомість деталей до типового технологічного процесу (ВТП), відомість оснащення (ВО) і обладнання (ВОб).

Критерії та методи вибору варіантів технологічного процесу. Комплексний аналіз варіантів – це взаємопов'язана сукупність тих чи інших технологічних способів, обладнання і оснащення, застосовуваних для ремонту виробу, представляє собою різні варіанти технологічних процесів усунення окремих дефектів чи ремонту виробу машини, агрегату, деталі в цілому. Під час розробки технологічних процесів, а також пов'язаних з ними методів керування і організації виробництва, виникає необхідність комплексного аналізу можливих варіантів і вибору оптимальних для конкретних виробничих умов. Комплексний аналіз порівнюваних варіантів технологічних процесів передбачає розгляд технічної, організаційної, соціальної, екологічної і економічної доцільності їх застосування.

## Лекція № 11 Ремонт двигунів та турбокомпресорів.

### Ремонт кривошипно-шатунного механізму

Серед агрегатів тракторів і автомобілів найменш довговічний – двигун. Найшвидше зношуються поршневі кільця, поршні, циліндри, клапани, шийки колінчастого валу, його шатунні і корінні вкладиші.

Колінчасті вали. Особливості ремонту (відновлення) колінчастих валів полягають в усуненні дефектів на ексцентрично розміщених поверхнях (шатунних і корінних шийках), виконаних з високою точністю.

Виготовляють колінчасті вали переважно зі сталі (45, 50, 50Г) або високоміцного чавуну. Твердість поверхонь шийок HRC<sub>e</sub> 45-62.

Колінчасті вали можуть мати такі дефекти: знос корінних та шатунних шийок; тріщини, обломи; згин валу; биття торцевої поверхні фланця; знос шийки під шестерню і маточину шківів; знос шпонкової канавки за шириною; знос отвору під болти кріплення маховика.

Під час шліфування корінних шийок вал установлюють у центрах, фланцем до задньої бабки. Під час проточування центрових отворів базовими є шийки під шестерню та зовнішній діаметр фланця.

Технологічний маршрут ремонту колінчастого валу: перевірка наявності тріщин на шийках; заварювання шпонкового паза; наплавлення шийок конічних поверхонь під шків, передню противагу і шестерню; проточування центрових отворів і наплавлених поверхонь; шліфування корінних і шатунних шийок, наплавлених поверхонь; розточування отвору під втулку, запресовування втулки; фрезерування шпонкових пазів, закруглення фаски та кромки масляних каналів; полірування корінних і шатунних шийок; розвертання отворів під штифт, запресування штифта; балансування колінчастого валу.

Усунення дефектів на корінних і шатунних шийках здійснюється шляхом перешліфовування їх під один із ремонтних розмірів (розмір для різних двигунів зменшують на 0,25; 0,50; 0,75; 1,0; 1,5 мм). Шліфують шийки на круглошліфувальному верстаті типу ЗА432 шліфувальним кругом 14А40-ПСМ27К5 35 м/с 1 кл за режи-

мів: швидкість обертання круга – 35 м/с, деталі – 15-25 м/хв, поперечна подача круга – 0,02-0,03 мм. Під час шліфування слід витримувати радіус галтелей і не збільшувати довжину шатунних шийок. Спочатку шліфують шатунні шийки, для чого вал встановлюють у центрозміщувачі, які забезпечують відповідність радіуса кривошипа. Шліфування починають від першої шийки.

Для одержання потрібної шорсткості поверхні шийки піддають поліруванню.

Шийки валів, які вийшли за межі останнього ремонтного розміру, нарощують за одним із таких варіантів технологічних процесів:

- наплавлення дротом Нп-30ХГСА під флюсом АН-348-А, нормалізація, проточування шийок, загартування СВЧ, шліфування і полірування;

- наплавлення дротом Нп-80, високотемпературний відпуск, проточування шийок, загартування СВЧ, шліфування і полірування;

- наплавлення шийок пружинним дротом другого класу із вмістом 0,7-0,8% вуглецю під легуючим флюсом (флюс АН-348-А – 95,5%, порошковий графіт – 2,5%, ферохром порошковий – 2%), попереднє і завершальне шліфування та полірування шийок.

Вали, виготовлені зі сталі 50Г з високим вмістом вуглецю (YAMZ-236, YAMZ-238, YAMZ-240), важко піддаються наплавленню під флюсом через утворення тріщин. Тому, для таких валів частіше застосовують плазмово-дугову або газову металізацію.

Розподільні вали. Виготовляють розподільні вали з вуглецевих якісних сталей (типу сталі 45) або чавуну. У розподільних валах треба відновлювати профіль кулачків.

Способи відновлення:

- обробка під ремонтний розмір за копіювачем для одержання профілю кулачка еквідистантного відносно профілю нового кулачка. При цьому забезпечується те саме піднімання клапана, але змінюється закон його руху;

- нарощування кулачка різними способами наплавлення – вібродуговим, електродуговим у середовищі вуглекислого газу або аргону, лазерним або плазмовим наплавленням;

- нарощування кулачків металізацією, хромуванням, електрореконтактним напіканням порошків.

Обробляють кулачки за три етапи:



➤ попереднє (обдирне) шліфування кругами ПП600Х30524А 40-П СМ1-СМ-2 6К5 на режимі: радіальна подача 0,05мм/об, швидкість обертання вала – 30м/хв, круга – 40 м/с;

➤ заключне шліфування кругами ПП600Х 40х305 24А 25-П СМ1-СМ2 5К8 на режимі: радіальна подача 0,005 мм/об, швидкість обертання круга – 35 м/с. Припуск на подальше полірування повинен становити 0,005 мм;

➤ полірування кулачків шліфувальними шкурками на тканинній основі зернистістю 8-4 на токарних або шліфувальних верстатах із застосуванням вібраційно-стрічково-полірувальної головки (ВСПГ). Полірування проводять повстяними або фетровими кругами із використанням пасти ГОІ або алмазного вигладжування.

Шорсткість кулачків має становити Ra 0,5-0,32 мкм.

Гільзи циліндрів двигунів. Ремонт гільз циліндрів розглянуто у лекції № 10 «Основи уніфікації технологічних процесів».

### **Комплектування шатунно-поршневої групи.**

Комплекти шатунів у складі з кришками, болтами і гайками підбирають за масою і міжосьовою відстанню отворів головок. Маса шатуна позначається тризначним числом, вибитим на торці нижньої головки. Для зрівноваження маси обпилюють метал стрижня шатуна на лінії рознімання штампів на глибину до 1мм.

Різниця у масах деталей у комплекті для одного двигуна під час його роботи, призводить до виникнення невірноважених сил інерції, що викликає вібрацію і прискорене зношування деталей двигуна. Різниця мас шатунів в одному комплекті для дизельних двигунів СМД та YAMZ не має перевищувати 10г та 20г відповідно.

У поршні зношуються канавки під кільця і отвори у бобишках. Відновлюють поршневі канавки плазмово-дуговим наплавленням, а зношені отвори у бобишках під поршневий палець, розвертають ручною розтискною розверткою. Овальність, конусність і неспіввісність отворів бобишок поршня не мають перевищувати 0,01 мм. Допускається неперпендикулярність загальної осі отворів бобишок до осі поршня до 0,03 мм, на довжині 100 мм.

Поршні підбирають за розмірною групою і масою. Значення маси поршня і маркування розмірної групи вибиті на днищі.

Попередньо комплект поршнів підбирають у межах допустимої різниці у масі за цифровим маркуванням на днищі, а кінцево –

за результатами зважування. Комплект поршнів, підібраний за масою, має бути однієї розмірної групи. Поршні з гільзами комплектують за зазором між поршнем (за юбкою) і гільзою, позначені буквами, наприклад Б, С, М, (СМД), А, АА, ААА, АААА, ААААА, АААААА, або А, Б, В, Г, Е, Ж (УАМЗ), які вибиті на днищі поршня і верхньому торці гільзи. Різниця мас поршнів і шатунів у складі з поршнями допускається відповідно 17 г і 30 г залежно від марки двигуна.

Кільця масляні і компресійні підбирають за розміром гільз і висотою канавок на поршні та перевіряють на спеціальному приладі на пружність, яка має бути: для компресійних кілець 15-75 Н, маслоз'ємних – 18-52 Н за зазору у стику – 0,3-0,6 мм (залежно від марки двигуна). Короблення торцевих поверхонь поршневих кілець допускається не більше 0,06 мм. Під час перевірки на фарбу між двома плитами при масі верхньої плити 3 кг пляма контакту має бути не менше 75 % загальної площі всієї поверхні для компресійних кілець і 65 % для маслоз'ємних. Пляма контакту повинна охоплювати все коло, його розрив допускається на довжині не більше 8 мм. Коливання товщини для одного кільця допускається не більше 0,08 мм. Можливе підганяння поршневих кілець за висотою шліфуванням їх на плоскошліфувальному станку з магнітним столом або вручну на плиті, покритій наждачним папером. Для перевірки зазору у стику поршневі кільця встановлюють у циліндр строго у площині, перпендикулярній осі, і перевіряють щупом. Контролюють також якість прилягання кілець до стінки циліндра на просвіт. Просвіт між кільцем і гільзою не повинен перевищувати 0,02 мм на ділі 25-30° і ближче 30 мм від стику.

Вкладиші підбирають за розмірами шийок колінчастого вала

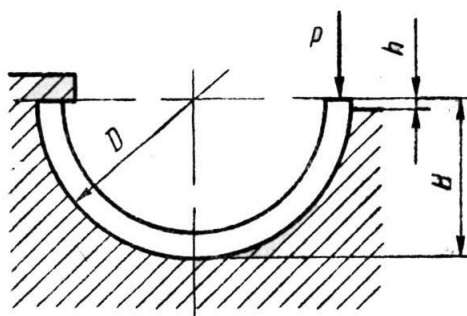


Рис. 1 – Схема перевірки шатунних вкладишів за висотою

і висотою Н. У спеціальному пристрої (рис. 1) вкладиш встановлюють у гніздо, діаметр якого Д дорівнює номінальному діаметру отвору нижньої головки шатуна під вкладиш. Один стик впирається у виступ пристрою, до другого прикладають навантаження, яке змінюється залежно від номера ремонтного розміру.

Під час вимірювання висоти вкладишів двигунів навантаження становить 6-13 кН. Із збільшенням товщини вкладишів (номеру ремонтного розміру) навантаження зростає. Висота вкладиша за такого вимірювання має бути:  $H = r + h$ , де  $r$  радіус гнізда пристрою, який дорівнює половині діаметра  $D$ , мм;  $h$  – виступаюча частина вкладиша на стику під навантаженням  $P$ , яка дорівнює 0,07-0,12 мм

Поршневі пальці підбирають так, щоб вони мали одну розмірну групу з отворами у бобишках поршнів. Розмірні групи на поршні і поршневому пальці маркують фарбою, літерними або цифровими індексами. На поршні маркування нанесено на бобищі, а на поршневому пальці – на внутрішній поверхні або торці.

Різниця у масі поршневих пальців, які встановлюються на один двигун, залежно від марки не повинна перевищувати 6-10 г, різностінність – 0,5 мм.

Втулки за зовнішнім діаметром підбирають відповідно до діаметрів верхньої головки шатуна, а за внутрішнім – за діаметром пальця з урахуванням припуску на обробку.

Складання шатунно-поршневої групи починають із запресування втулок у верхню головку шатуна з натягом 0,03-0,12 мм для дизелів різних марок. Шатун закріплюють на алмазно-розточувальному верстаті УРБ-ВП і розточують втулку з припуском: на розкатування 0,04-0,06 мм, дорнування 0,08-0,15 мм або розвірчування 0,05-0,08 мм відносно нормального діаметра поршневого пальця.

Втулку розкатують імпульсною розкаткою на вертикально-свердлильному верстаті, дорнують під пресом з механічним приводом за безперервної подачі дорна, змащеного дизельним маслом. Контролюють відхилення від паралельності осей отворів у втулці і нижній головці шатуна відповідно до технічних вимог. Складають нижню головку з вкладишами і болтами. Болти мають входити в отвори від легких ударів молотка масою 200 г.

Масляні канали шатуна промивають, продувають повітрям.

Поршні нагрівають в електрошафі або масляній ванні до температури 80-90°C і у поршневих затискачах з'єднують із шатуном поршневим пальцем, установивши попередньо в одну з бобишок стопорне кільце за допомогою спеціальних щипців. Потім вкладають друге стопорне кільце в канавку отвору бобишки. Пальці мають вільно входити в отвір поршня. Кільця встановлюють на пор-

шень за допомогою спеціального пристрою (рис. 2). Вони мають вільно переміщуватися у канавках.

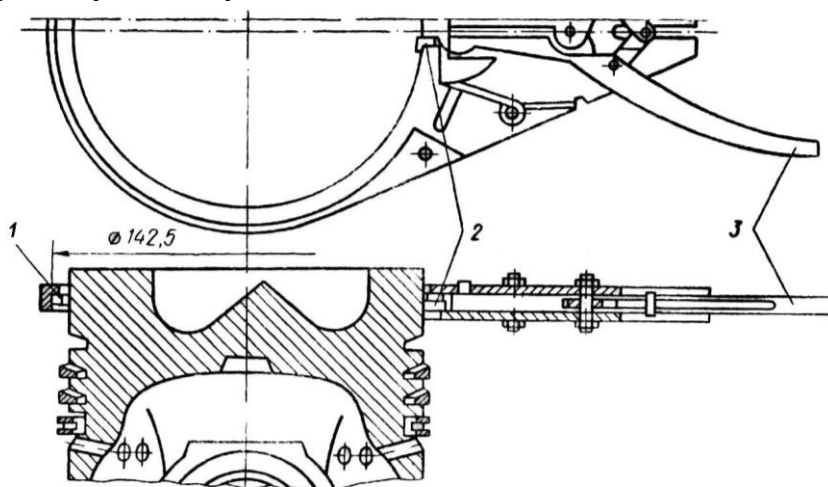


Рис. 2 – Пристрій для знімання і надівання поршневих кілець:  
1 – поршневе кільце; 2 – губки; 3 – рукоятка

Кільця встановлюють на поршень меншим діаметром догори (компресійне – виточкою догори). Під час складання стежать за правильним розміщенням шатуна за інструкцією заводу-виробника.

### Ремонт газорозподільного механізму

Основними дефектами головки блока циліндрів є тріщини і пробоїни, короблення площини рознімання з блоком циліндрів; зношування і прогорання фасок клапанних гнізд (сідел); зношування втулок клапанів, різьби шпильок і різьбових отворів, втрата герметичності водяної сорочки; поява тріщин і обгорання стінок камери згоряння.

Перед ремонтом головку циліндрів випробовують на герметичність стінок і ущільнень за тиску води 0,4-0,5 МПа. Підтікання і потіння стінок головки циліндрів протягом 5 хв не допускаються.

Технологія відновлення головок циліндрів, які мають тріщини і пробоїни у стінках, аналогічна технології усунення вказаних дефектів у корпусних деталях і розглянута у лекції № 10.

У випадку короблення нижньої площини головки блока понад 0,15 мм її шліфують або фрезерують мінімальним зніманням металу.

Найпоширеніший дефект головок циліндрів – зношування робочої фаски клапанних гнізд. Його усувають фрезеруванням. Для

цього застосовують набір із чотирьох спеціальних фрез (рис. 3). Спочатку клапанне гніздо головки обробляють чорною фрезою до повного зникнення слідів зносу. Потім надають фасці необхідної ширини, обробляючи послідовно фрезами з різними кутами різальної кромки. Далі остаточно обробляють фаску чистою фрезою. Після фрезерування фаска має бути завширшки 1,5-4,5 мм для різних головок блока циліндрів. Шорсткість поверхні після фрезерування – не більше  $Ra_{2,5}$  мкм, радіальне биття фаски відносно отвору втулки клапана – 0,05 мм. Для отримання гладенької поверхні фасок після фрезерування шліфують гнізда абразивним наконечником. Граничний діаметр гнізда клапана встановлюють за величиною заглиблення тарілки нового (номінального розміру) клапана. Номінальний розмір заглиблення клапана визначають за технічними вимогами на капітальний ремонт відповідної марки двигуна.

Зношені клапанні гнізда відновлюють наплавленням або кільцюванням. У випадку ремонту клапанних гнізд запресовуванням кільця, гнізда розточують на певну глибину з великою точністю (допустима овальність гнізд до 0,05 мм, конусність – 0,2 мм) і запресовують у них кільця з натягом 0,14-0,15 мм, виготовлені зі спеціального (перлітного) чавуну. Для полегшення їх установки і збільшення міцності посадки, головку блока нагрівають до температури 380-420°C, а кільця охолоджують у сухому льоді або головку нагрівають до 90°C, а кільця охолоджують у рідкому азоті.

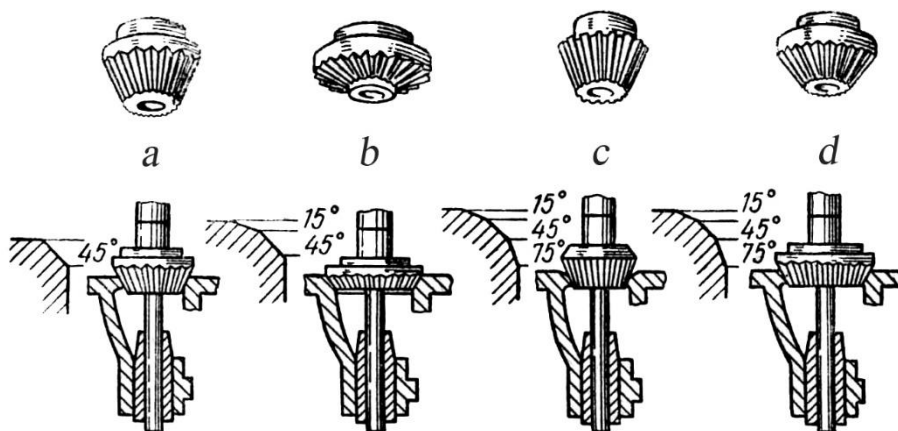


Рис. 3 – Обробка клапанного гнізда фрезами. Фрезерування під кутом: а – 45°; б – 15°; в – 75°; д – чистове під 45°

Після запресовування на кільцях фрезерують фаски.

Напрямні втулки клапанів підлягають заміні при ослабленні

їх посадки або значних зносах внутрішньої поверхні. Під час запресовування напрямних втулок забезпечують натяг 0,002-0,01 мм, внутрішній діаметр розвертають за розміром стрижня клапана. Щоб уникнути заміни напрямних втулок із зношеними отворами, але з нормальною посадкою за зовнішнім діаметром, в отворах втулок нарізають мітчиком різьбу, знежирюють її поверхню ацетоном, заповнюють отвір епоксидним клеєм, наповнювачем якого є графіт. Після термічної обробки отвір втулок по кондуктору розсвердлюють, потім розвірчують за розміром стрижня клапана.

Зношену зовнішню поверхню напрямної втулки відновлюють накатуванням зубчастим роликком або термічним способом, повільно нагріваючи їх у печі зі швидкістю 250-300°C/год до температури 700°C з витримкою 10-40 хв (залежно від потрібного збільшення за діаметром) і подальшим повільним охолодженням. У цьому випадку діаметр збільшиться на 5-18 мкм.

Зношування або зривання різьби отворів усувають за допомогою спіральних вставок, нарізанням різьби збільшеного розміру або встановленням додаткової вставки, у якій нарізають різьбу номінального розміру. Шпильки за такого дефекту замінюють.

Клапани можуть мати знос та підгоряння робочих фасок тарілок, знос поверхні стрижня і його торця. Робочі фаски клапанів і торці стрижня шліфують, попередньо перевіривши прямолінійність стрижня клапана. Допускається відхилення 0,05 мм. Після перевірки биття стрижня клапан встановлюють у цанговий патрон верстата під кутом 45° і шліфують фаску. Після шліфування на поверхні тарілки не має залишитися ризок і задирок, а циліндричний поясок має бути висотою 1,1-1,3 мм. Шорсткість фаски після обробки – не більше  $Ra = 0,63$  мкм, а биття відносно осі поверхні стрижня – не більше 0,03 мм.

Гранично зношені тарілки клапанів (висота пояса менше 0,5 мм) відновлюють плазмовим напиленням, наплавленням СВЧ шихти із жароміцних матеріалів (ВКЗ, ЭП616 І сормайт) і електроконтактним напиленням металевих порошків.

Зношені стрижні клапанів шліфують на зменшений розмір, нарощують залізненням або хромуванням. Овальність і конусоподібність стрижня клапана після шліфування не повинні перевищувати 0,02 мм, а шорсткість –  $Ra = 0,32$  мкм.

Пружини клапанів. Дефектами їх є втрата пружності і усадка

від постійно діючих знакозмінних навантажень. Контроль пружності клапанних пружин перевіряють на приладі і визначають силу їх стискання, порівнюючи з технічними умовами. Пружини, у яких пружність менше допустимої, відновлюють накатуванням роликком або способом термічної фіксації на установці, де її розтягують за тискачами пристрою до необхідної довжини, пропускають через неї електричний струм, нагріваючи до 400-450°C, і охолоджують на повітрі.

Складання головки циліндрів і притирання клапанів. Головки циліндрів складають на спеціальному стенді. Спочатку запресовують напрямні втулки і підбирають за ними клапани перед притиранням їх до гнізд. Втулки з буртиком запресовують до упору, а без буртика – до висоти, допустимої технічними вимогами. Зазор між стрижнем впускного клапана і втулкою – 0,03-0,07 мм, а впускного і втулкою – 0,07-0,011 мм.

Для кращого прилягання до гнізда клапани притирають на спеціальних верстатах або на стендах.

Цим досягається необхідна герметичність клапанної пари. На фаски клапанів і гнізд головки циліндрів наносять притиральну пасту (карбід бору М40 – 10%, мікрокорунд М20 – 90%: електрокорунд зернистий М 14 – 87%, парафін – 13%), яку розводять у дизельному маслі до сметаноподібного стану. Для підвищення якості і продуктивності процесу притирання клапанів рекомендується до пасти додавати поверхнево-активні речовини, наприклад - олеїнову або стеаринову жирну кислоту. Продуктивність процесу у цьому випадку зростає на 50-60%. Для притирання клапанів, які мають гнізда із сірого чавуну, рекомендується застосовувати суміш з 40% шліфувального порошку із сірого електрокорунду зернистістю М 14 або М 20, 55-58% дизельного масла і 2-5% олеїнової або стеаринової кислоти. Після притирання шорсткість поверхні становить  $R_a = 0,63-0,32$  мкм, а ширина матового безперервного пояса – не менше 1,5 мм (рис. 4).

Допускається різниця ширини не більше 0,5 мм. На деяких ремонтних підприємствах застосовують технологію ремонту без притирання. В основу цього методу покладені складання спряжень клапан – сідло (гніздо) клапана, виконаних з різними кутами. Фаску клапана шліфують на кут 44° у спеціальному пристрої, а кут фаски сідла залишають без змін. Кут, який виникає при цьому, забезпечує необхідну герметичність клапанної пари без притирання, сприяє

швидкому припрацюванню з'єднаних поверхонь. Герметичність прилягання кожного притертого клапана до сідла головки блока перевіряють пневматичним пристроєм (рис. 5). У порожнину стакана, встановленого над клапаном, грушою накачують повітря під тиском 0,04-0,07 МПа, який визначають за манометром, з'єднаним з порожниною стакана. Падіння тиску протягом 30 с вказує на негерметичність спряження і неякісне притирання клапана. У цьому випадку притирання повторюють.

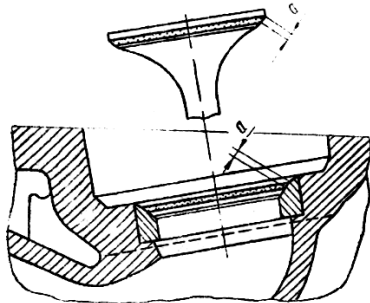


Рис. 4 – Розміщення матових поясків на притертих поверхнях робочих фасок сідла і клапана

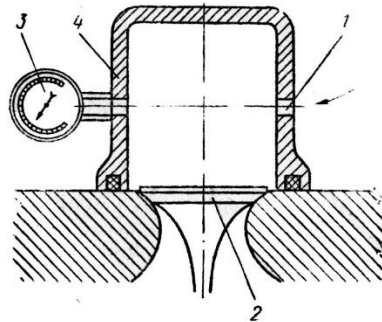


Рис. 5 – Перевірка герметичності клапанів пневматичним пристроєм: 1 – отвір для підведення стиснутого повітря; 2 – клапан; 3 – манометр; 4 – стакан пристрою

Після притирання клапани та їх гнізда необхідно ретельно промити, при цьому не можна розкомплектовувати пару. Під час складання клапани ставлять по гніздах відповідно до розмітки, за допомогою пристрою стискають пружини із сухариками. Останні, мають щільно прилягати до виточки у стрижні клапана і до сідла клапанної пружини.

Пружини перевіряють на пружність за допомогою пристрою. Їх підбирають так, щоб вони були однаковими за висотою і пружністю. Валик коромисел (вісь) за зношування зовнішньої поверхні відновлюють хромуванням або залізненням. Зігнутий валик правлять без нагрівання. Після остаточної обробки овальність посадочних місць під коромисла допускається до 0,02 мм, а непрямолінійність по всій довжині – не більше 0,02 мм.

Коромисла клапанів із втулками можуть мати знос бойків та внутрішньої поверхні втулок і різьби під регулювальний гвинт.

У випадку зношування поверхонь бойка у допустимих межах



(не більше 2 мм) його шліфують за радіусом до виведення слідів зносу і полірують до шорсткості не менше 0,63-0,32 мкм. Якщо бо-йок зносився понад допустимі значення, його наплавляють порош-ком ПГ-СР4 газопорошковим наплавленням. Зношену втулку замі-нюють.

При цьому обробляють фаски  $1,0+0,25 \times 45^\circ$  з двох боків, за-пресовують втулку, потім її роздають або розвертають отвір втулки до нормального або ремонтного розміру, а також прошиванням ущільнюють внутрішню поверхню.

Штовхачі. У них зношуються поверхні стрижня і тарілки. Стрижні відновлюють залізненням або хромуванням. У випадку зношення робочої поверхні тарілки штовхача до 0,3мм її шліфують. Великі ж зноси усувають газопорошковим наплавленням порош-ком ПГ-СР4 і обробляють під нормальний розмір.

### **Ремонт системи мащення.**

Масляні насоси. Їх загальний стан (тиск і продуктивність) пе-ревіряють на стендах типу КИ-27526. Зниження продуктивності до-пускається на 10-12% номінальних значень.

Основною причиною зниження продуктивності є збільшення торцевого і радіального зазорів у з'єднаннях шестерень із корпусом, а також між опорними поверхнями валиків шестерень і отворами втулок. Воно має не перевищувати 0,2-0,3 мм (визначають за допо-могою індикаторних пристроїв).

Основними дефектами деталей масляних насосів можуть бути зноси корпусу насоса у місцях з'єднання з торцями шестерень, площин кришок (проставок) і торцевої поверхні шестерень, повер-хонь валиків, осей і втулок, втрата герметичності клапанів, зри-вання різьби і знос шліців валиків.

Для відновлення бокових гнізд корпусу насоса існує кілька способів. Перший полягає у зміщенні осей обертання шестерень у бік всмоктування. У цьому випадку ексцентрично розточують отвір під валик насоса і вісь веденої шестірні (під встановлення у них проміжних сталених втулок) і гнізда під шестірні. Зміщенням осей на 0,7-0,8 мм досягають необхідної герметизації зубів шестерень з боковими поверхнями гнізд.

Другий спосіб передбачає розточування зношених бокових поверхонь гнізд і встановлення ремонтних вкладишів з наступним їх розточуванням до номінального або ремонтного розміру.

Третім способом ремонтують зношені гнізда корпусу під номінальний розмір за допомогою епоксидного компаунда А. Його нагнітають у зазор між корпусом насоса і шаблоном, зовнішній розмір якого відповідає номінальному діаметру гнізд напірних шестерень.

Знос кришки понад 0,05 мм за глибиною у місцях контакту із шестірнями усувають шліфуванням, точінням або фрезеруванням. Допускається неплоскостність до 0,03 мм на 100 мм довжини. Зношені втулки у кришці і корпусі замінюють новими, а потім розвертають їх під ремонтний розмір.

Шестірні масляних насосів із зносом зубів за висотою і довжиною, з рисками і задирками перешліфовують під ремонтний розмір.

Шийки валів ведучих шестерень масляного насоса відновлюють хромуванням або залізненням.

Зношені отвори клапана плунжерного типу розвертають до виправлення геометричної форми, виготовляють по отвору новий клапан, а потім їх разом притирають.

Герметичність кулькових клапанів відновлюють Zenкуванням гнізда до виведення слідів зносу з подальшим осадженням кульки за місцем.

Масляні фільтри. Фільтрувальні елементи масляних фільтрів забруднюються і втрачають свою пропускну здатність, а в разі пошкоджень пропускають забруднене масло. Основними дефектами фільтрів можуть бути тріщини і обломи корпусу, зноси втулок і осей, зривання різьби, порушення герметичності клапана.

Різьбові отвори, тріщини і негерметичність відновлюють раніше описаними способами. Шийки осі ротора, зношені на 0,1 мм і більше, шліфують на круглошліфувальному верстаті до виведення слідів зносу (ремонтного розміру) або відновлюють електролітичним нарощуванням. Втулки осі розвертають відповідно під розмір шийок осі до нормального або ремонтного розміру, забезпечуючи зазор у спряженні 0,02-0,05 мм.

### **Ремонт системи охолодження.**

Водяний насос. Дефектами деталей водяного насоса можуть бути: тріщини корпусу, зривання різьби в отворах, знос посадочних місць під підшипники і упорну втулку, а також під крилатку на ва-

лику, під втулки, сальники і шківни вентиляторів; знос, тріщини і корозія поверхні лопаток крилатки; знос внутрішньої поверхні втулок.

Тріщини у корпусах усувають способами, описаними у лекції № 10.

На зношені посадочні місця під підшипники наносять шар металу залізненням або суміш на основі епоксидної смоли. Потім їх розточують до нормального розміру. Пошкоджені поверхні під втулки розвірчують до виведення слідів зносу, потім запресовують ремонтні втулки з натягом 0,015-0,045 мм. Після запресування втулки розвірчують. Нерівності торцевих поверхонь корпусів усувають шліфуванням. Торцеве биття має не перевищувати 0,1 мм.

Зношені посадочні місця валика водяного насоса під підшипники і сальники, а також пошкоджену різьбову поверхню наплавляють у середовищі вуглекислого газу, шпонкові пази за зазору понад 0,05 мм фрезерують під збільшений розмір.

Вентилятор. Дефекти вентиляторів – спрацювання посадочних місць під підшипники у шківних і конічній поверхні жолоба під пас; послаблення заклепок, згин лопатей і хрестовини.

Зношені посадочні місця шківни розточують і на епоксидній суміші, встановлюють втулку, яку потім розточують до нормального розміру. Посадочні місця можна відновлювати залізненням, з подальшим розточуванням. Ручаї шківни, зношені понад 1мм, проточують до виведення слідів зносу. Ослаблені заклепки підтягують, а якщо отвори під заклепки мають овальну форму, їх свердлять і ставлять заклепки збільшеного діаметра. У випадку заміни лопатей різниця у масі має не перевищувати 3-5 г.

Перед складанням необроблені поверхні чавунних деталей водяного насоса покривають ґрунтівкою (ГФ-0119, ГФ-021), а торець втулки – тонким шаром олійного колоїдно-графітового мастила (60% дизельного масла і 40% графіту), підшипникову порожнину корпусу водяного насоса заповнюють мастилом (Літол-24 і І-13 40-50 г).

Під час складання у крилатку встановлюють упорну пружину, кільце манжети, манжету і обойму сальника, ущільнювальну шайбу і стопорне кільце. Напресовують кульковий підшипник на валик за допомогою преса і встановлюють шпонку. Монтують корпус водяного насоса на пристрій, запресовують опорну втулку манжети, валик у складі і ставлять стопорні кільця. Напресовують

шків, крилатку і кришку насоса, вкручують кутник і кінцевий ніпель.

Гайку кріплення маточини шківів затягують моментом не менше 120 Н·м. Зазор між лопатями крилатки і торцем корпусу водяного насоса повинен становити 1,2 мм (Д-240 не більше 1 мм). Допускається виступання до 0,4 мм.

Шків вентилятора балансують статично. Допустима незрівноваженість для двигунів типу YAMZ становить відповідно 0,05 і 0,02 Н·м. Випробування і обкатку водяного насоса виконують на стенді КИ-16378. Підтікання води не допускається. Випробування на герметичність проводять протягом 1 хв при тиску 0,1-0,2 МПа без обертання і з обертанням вала насоса.

Вентилятори балансують статично. Залишковий дисбаланс вентиляторів для різних двигунів не більше 0,025-0,050 Н·м. Балансування виконують приварюванням металічних пластин на неробочий бік лопаті.

### **Ремонт системи живлення.**

Техніко-економічні показники дизелів в основному визначаються станом паливної апаратури. Порушення її регулювання може призвести до зниження потужності і погіршення економічності дизеля на 25-35%. Ознаками несправності системи живлення є ускладнений запуск дизеля, зниження номінальної потужності і максимального крутного моменту, нестійка робота, підвищена димність відпрацьованих газів, погіршення економічності тощо.

У випадку виявлення несправності системи живлення контролюють технічний стан її складових частин – насоса високого тиску, підкачувального насоса, форсунок, фільтрів, паливопроводів.

Конструкційні особливості паливної апаратури, яку встановлюють на сучасних дизелях можна розглянути на прикладі двигунів – YAMZ, DEUTZ.

Відмінність системи живлення двигунів YAMZ – рядний паливний насос високого тиску, також об'єднаний в один агрегат зі всережимним регулятором, паливопідкачуючим насосом і муфтою випередження вприскування.

На внутрішній поверхні втулки плунжера є кільцева канавка, а в стінці – радіальний отвір для відведення палива, що просочилося через зазор у плунжерній парі. Ущільнення між втулкою плунжера і корпусом насоса здійснюється гумовим кільцем.

Регулятор частоти обертання – всережимний механічний, який змінює подачу палива залежно від навантаження, підтримуючи задану водієм частоту обертання колінчастого валу двигуна. Регулятор встановлений на задньому торці паливного насоса високого тиску.

На двигунах DEUTZ (рис. 6.) в блоці циліндрів встановлюються 6 індивідуальних паливних насосів, плунжери яких приводяться через штовхачі від кулачкового валу, а регулювання подачі палива здійснюється загальною рейкою, сполученою зі всережимним регулятором, розташованим на торці двигуна. Така конструкція дозволяє підвищити максимальний тиск палива до 120 МПа (1200 кг/см<sup>2</sup>).

Індивідуальні паливні насоси виготовляє фірма БОШ (Німеччина) і регулює завод-виробник. Регулювання рівномірності подачі палива циліндрами і кута випередження подачі палива виконується за встановлення насосів на двигун.

Останнім часом значна кількість дизелів іноземного виробництва комплектується паливними системами акумуляторного типу з електронним керуванням – Common Rail.

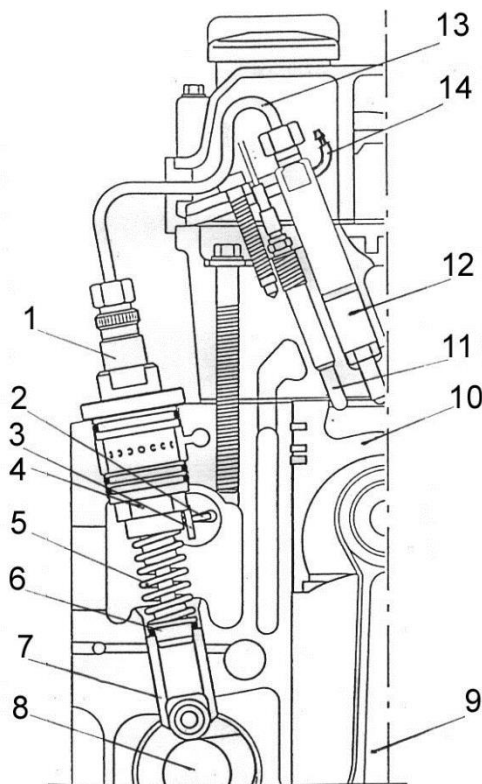


Рис. 6 – Система подачі палива:

- 1 – штуцер високого тиску;
- 2 – рейка;
- 3 – повідець плунжера;
- 4 – індивідуальний паливний насос;
- 5 – пружина плунжера;
- 6 – підп'ятник;
- 7 – штовхач;
- 8 – кулачок валу;
- 9 – шатун;
- 10 – поршень;
- 11 – свічка розжарювання;
- 12 – форсунка;
- 13 – паливопровід високого тиску;
- 14 – штуцер зливу палива з форсунки

У цих системах паливний насос високого тиску подає паливо під високим тиском до гідравлічного акумулятора і одночасно до всіх форсунок електрогідравлічного типу. Упорскування палива відбувається тільки під час подачі електронним блоком керування електричного імпульсу на відповідну форсунку.

У всіх цих системах високий тиск створюють прецизійні пари, комутують паливотоки клапанами, а паливо упорскується в камеру горіння розпилювачами.

Розглянемо основні дефекти і методи відновлення цих деталей.

Плунжерні пари можуть мати такі дефекти: втрату гідравлічної щільності внаслідок зношування бокової поверхні плунжера і отвору у втулці, а також рухливості плунжера у втулці внаслідок корозії, забоїн, ум'ятин; послаблення посадки повідка. Гідравлічну щільність зношених пар контролюють на пристроях. Вибраковують плунжери та втулки з великими забоїнами, задирками і глибокими корозійними руйнуваннями, а також погнуті та з пошкодженим опорним бортиком.

Плунжерні пари, які необхідно відновлювати, розкомплектовують. Приблизно 15-20% їх можна відновити способом перекомплектування. У цьому випадку притиранням усувають сліди зносу і надають плунжерним парам правильної геометричної форми. Потім відбирають плунжер за втулкою так, щоб після одночасного їх притирання створився зазор, який забезпечить необхідну гідравлічну щільність. Плунжерні пари, які не можна відремонтувати у такий спосіб, відновлюють хромованням, виготовленням ремонтної деталі, пластичним деформуванням, дифузійною металізацією тощо. Після нарощування плунжерні пари шліфують на безцентрово-шліфувальних верстатах і доводять абразивними пастами на притиральних пристроях (бабках) або плоскодоводочних верстатах. Овальність і конусність не має перевищувати 0,002 мм. Потім плунжери сортують за розмірними групами через 0,001 мм, остаточно доводять пастою 1-3 мкм і знову сортують. Втулки плунжера і дозатора обробляють на верстатах або притиральних бабках за допомогою розрізного притира. Для притирання використовують 14- і 7-мікронні пасти за частоти обертання шпинделя 200-500 хв-1 і 40-160 подвійних ходах шпинделя за хвилину.

Овальність, корсетність та бочкоподібність отвору втулки не мають перевищувати 0,001 мм, а конусність – 0,002 мм. Втулки і

дозатори сортують на розмірні групи через 0,001 мм.

Під час комплектування до плунжера підбирають втулку діаметром на 0,001 мм більшим за діаметр плунжера так, щоб він з зусиллям заходив у втулку на 2/3 довжини. Плунжерні пари притирають водночас на бабці 1-3 – мікронною пастою за частоти 250-1000 хв<sup>-1</sup> і кількості подвійних ходів 20-50 за хвилину.

Після притирання, промитий і змащений дизельним паливом, плунжер повинен плавно переміщуватися всією довжиною втулки під дією власної ваги.

Напірні клапани (рис. 7) можуть мати зноси поверхні розвантажувального пояса, запірного конуса, прямої частини клапана, отвору в сидлі клапана і втулки плунжера. Клапани з тріщинами, сколами і глибокими корозійними пошкодженнями на поверхнях вибраковуюють. Напірні клапани відновлюють за такою самою технологією, як їх плунжерні пари.

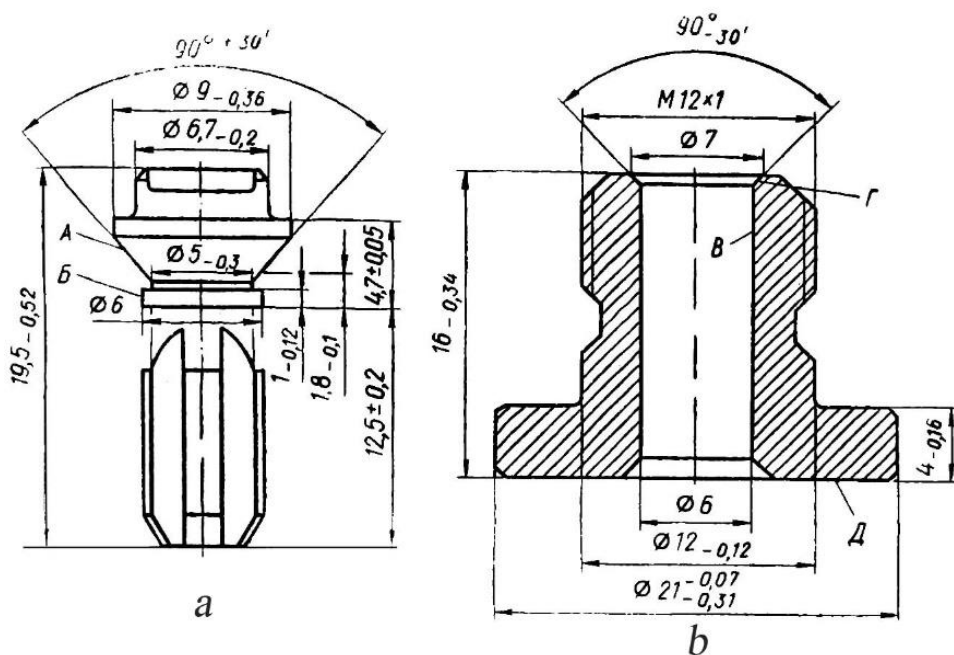


Рис. 7 – Напірний клапан насосів типу 4ГН–8.5×1: *a* – клапан; *b* – сидло; *A* – запірний конус клапана; *B* – розвантажувальний пояс; *B* – поверхня прямого сидла клапана, до якого прилягає розвантажувальний пояс; *Г* – фаска, до якої прилягає запірний конус; *Д* – торець, до якого прилягає втулка плунжера

Перекомплекткуванням можна також відновити 50-60% клапанів. Клапани, які не можна скомплектувати із сидлами через не-

достатній діаметр циліндричного пояса, відновлюють за такою самою технологією, як і плунжери. Зношений отвір у сідлі клапана доводять чавунними притирами на вертикально-доводочному верстаті. Ущільнювальний торець обробляють на плоскодоводочному верстаті. Напірні клапани сортують на розмірні групи через 0,002 мм. Овальність прямої частини не має перевищувати 0,002 мм, конусність – 0,003 мм, овальність і конусність отвору сідла клапана – 0,001 мм. Клапан і сідло відповідної групи притирають водночас і після промивання, випробовують на гідравлічну щільність за запірними і розвантажувальними поясками.

Розпилювачі форсунок (рис. 8) можуть мати такі дефекти: знос запірного конуса, утворення нагару, накоксування соплових отворів.

У випадку зносу з'єднання голка – корпус розпилювача, голку і корпус розкомплектовують.

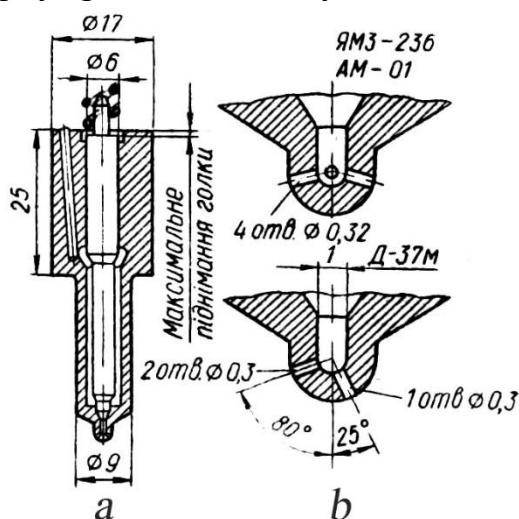


Рис. 8 – Розпилювач з багатьма отворами:

*a* – загальний вигляд;  
*b* – розміщення отворів  
 максимальне піднімання  
 голки

Технологія обробки і нарощування головок розпилювачів така сама, як і плунжерів. Відновлені голки та корпуси сортують за діаметром спряжених циліндричних поверхонь, комплектують і притирають, так, щоб забезпечити зазор 1 мкм. Після цього переміщення попередньо промитої в дизельному паливі голки, висунутої з корпусу розпилювача на 1/3 довжини при куті нахилу 45°, має відбуватися під дією власної ваги. Для забезпечення герметичності розпилювача за запірним конусом кут конуса голки має бути більший, ніж кут конуса розпилювача на 40'-1°. Конуси мають з'єднуватися за кільцевим пояском завширшки не більше 0,2 мм. Голку



шліфують на призмі. Обертання її передається прогумованим роликом. Після шліфування голку притирають, напрямну частину змащують мастилом, а конус – пастою М 10.

Запірний конус розпилювача обробляють притиром. Нагар з розпилювачів видаляють латунними щітками-скребками. Отвори прочищають сталевим дротом, затиснутим у цангові патрони.

Відновлені розпилювачі випробовують на герметичність, підтікання і якість розпилювання палива на стендах.

Форсунки можуть мати знос торця корпусу, який з'єднується з розпилювачем, знос або розрив різьби на корпусі та регулювальному гвинті, втрату пружності пружини.

Корпус форсунки, гака пружини і розпилювача вибраковують при наявності тріщин, зломів, зривів більше двох витків нарізі. Знос торця корпусу розпилювача усувають притиранням пастою на чавунній плиті. Під час складання форсунки комплектують з розпилювачами, які відповідають марці двигуна.

Корпуси паливного насоса і регулятора можуть мати такі дефекти: знос отворів під штовхачі і напрямних пазів під осі штовхачів, отворів під рейку і валик важеля регулятора; зовнішні тріщини; зрив і знос нарізі в отворах.

Корпус вибраковують при наявності пробоїн і тріщин у внутрішніх перемичках, сколів напрямних пазів. Технологія ремонту зовнішніх тріщин у корпусних деталях розглянута в лекції № 10.

Зношений отвір під рейку засвердлюють і запресовують у нього виготовлену втулку з лискою з натягом 0,1-0,03 мм. Зношені отвори під валик важеля регулятора розсвердлюють і запресовують у них втулку з натягом 0,075-0,15 мм. Зношені поверхні напрямних пазів під осі штовхачів прошивають на збільшений розмір. Конусність отвору – не більше 0,02 мм, відхилення від перпендикулярності поверхні під головку – до 0,1 мм на довжині 100 мм.

Кулачковий і ексцентриковий вали можуть мати такі дефекти: спрацювання посадочного місця під підшипники і поверхні з'єднання із сальниками, профілю кулачків і ексцентрика, шпонкової канавки або стінки паза з'єднання кулачкового валу і шестірні приводу, посадочного конуса і різьби.

Вали з тріщинами і зломами вибраковують, кулачкові вали з прогином більше 0,05 мм правлять на призмах під пресом.

Зношені посадочні місця під підшипник і поверхні з'єднання

із сальником наплавляють або нарощують залізненням, а потім шліфують під номінальний розмір. Овальність, конусність і биття шийок допускається не більше 0,02 мм. За зносу на глибину менше 0,5 мм профіль перешліфовують на еквідистантний на копіювально-шліфувальному верстаті до виведення слідів зносу.

### **Випробування, обкатка і регулювання паливних насосів.**

Під час підготовки насоса до випробування попередньо виконують такі регулювання. Ставлять болт вилки так, щоб він виступав на 13 мм. Встановлюють важіль керування в положення, яке відповідає максимальній подачі. Закріплюють хомут першої насосної секції на відстані 50 мм від зовнішньої привалкової площини, а інші хомути – на рейці так, щоб відстань між осями становила 40 мм. Перевіряють нормальне обертання кулачкового валу, зробивши 2-3 оберти від руки, включають стенд і за частоти обертання шпинделя 400-500 хв<sup>-1</sup> усувають підтікання та інші несправності.

Обкатують насоси за два етапи: спочатку 15 хв за вимкненої подачі при 500 хв<sup>-1</sup> без форсунок, потім 30 хв при 600-700 хв<sup>-1</sup> з форсунками при положенні важеля керування, яке відповідає максимальній подачі. Виявлені під час обкатування несправності усувають.

Регулюванням ходу рейки забезпечують потрібний діапазон зміни циклової подачі палива від повного вимкнення до подачі, яка відповідає максимальній потужності.

Нормальний хід рейки паливних насосів має становити 10,5-11 мм. Переміщення рейки вимірюють штангенциркулем від привалкової площини насоса до будь-якого хомутика рейки у двох крайніх положеннях. Хід рейки регулюють гвинтом вилки регулятора й фіксують контргайкою.

Налагодження регулятора починають з відкручування болта жорсткого упору на 3-4 оберти. Важіль керування встановлюють у положення, яке відповідає повній подачі. Потім вмикають стенд, встановлюють номінальну частоту обертання. Плавна збільшуючи її, контролюють частоту обертання, за якої гвинт вилки починає відходити від призми – початок роботи регулятора (початок вмикання подачі палива). Частота обертання на початку дії регулятора має на 10-20 обертів перевищувати номінальну частоту обертання. За потреби регулювання, змінюють кількість прокладок під болтом

обмежувача максимальної частоти обертання. Під болтом обмежувача після регулювання має залишитися від 4 до 12 прокладок. Якщо прокладками не вдається налагодити регулятор, то змінюють їх кількість під зовнішньою або внутрішньою пружиною регулятора.

Регулювання болта жорсткого упору виконують на номінальній частоті обертання валу насоса. Повільно закручуючи його, стежать за гвинтом вилки. Коли гвинт вилки почне відходити від призми, відкручують болт на 1 оберт і фіксують його. У разі підвищення частоти обертання валу насоса на 80-100 хв<sup>-1</sup> рейка насоса має відійти в крайнє положення, яке відповідає вимкненій подачі.

Регулюють продуктивність і рівномірність подачі палива поворотом плунжера в гільзі на номінальній частоті обертання. Важіль керування знаходиться в положенні «Повна подача». Продуктивність регулюють, переміщуючи хомутики на рейці.

Нерівномірність подачі палива насосними секціями визначають за формулою:

$$H = \frac{K_{\max} + K_{\min}}{K_{\text{сеп}}} 100, \quad (1)$$

де  $H$  — нерівномірність подачі палива,  $K_{\max}$  і  $K_{\min}$  — найбільша і найменша кількість палива, яка подається секцією насоса;

$K_{\text{сеп}} = \frac{K_{\max} + K_{\min}}{2}$  — середня кількість палива, яка подається насосними секціями.

Нерівномірність подачі палива у номінальному режимі не має перевищувати 3%.

Момент початку впорскування палива перевіряють і регулюють на номінальній частоті обертання при положенні важеля, яке відповідає повній подачі. Кут початку впорскування визначають за допомогою пристрою, передбаченого конструкцією цього стенда (стробоскопічним пристроєм, цифровим вимірювальним приладом тощо).

Різниця між кутами початку впорскування палива окремих секцій паливного насоса не має перевищувати  $\pm 0,5^\circ$ . Кут початку впорскування регулюють болтом штовхача і фіксують гайкою.

Остаточне регулювання продуктивності і рівномірності подачі палива виконують так, як і попереднє. Необхідність повторного регулювання пояснюється тим, що під час регулювання кута

початку впорскування змінюється продуктивність секції насоса. Рівномірність подачі палива має відповідати вимогам підприємства-виробника.

Подача палива на пусковому режимі має бути в 2-2,5 рази більшою за номінальну. Під час перевірки пускової подачі встановлюють частоту обертання валу насоса  $80-100 \text{ хв}^{-1}$ , виймають збагачувач і за положення важеля керування, що відповідає повній подачі, визначають продуктивність паливного насоса. Циклова подача паливних насосів типу ТН має становити не менше  $140 \text{ мм}^3/\text{цикл}$ .

При збільшенні частоти обертання до  $650 \text{ хв}^{-1}$  (важіль керування подачею палива в середньому положенні) валик збагачувача має повернутися у початкове положення.

### **Випробування, обкатка і регулювання розподільних насосів.**

Обкатку розподільних насосів виконують так. Під час регулювання кута початку подачі палива вхідний штуцер насоса з'єднують шлангом високого тиску із стендовим насосом, а на вихідний – установлюють технологічну заглушку. Штуцери високого тиску з'єднують із зливними отворами стенда прозорими трубками.

Важіль керування регулятором встановлюють у положення «Максимальна подача». Включають стендовий насос, підвищують тиск в ньому до 3 Па. Повільно прокручуючи воротком вал насоса, фіксують момент перекриття впускного вікна торцем плунжера, який визначається припиненням подачі палива в прозору трубку відповідної секції. Для всіх марок насосів НД-21 кут початку подачі першої секції має становити  $57 \pm 1^\circ$ . Регулюють його поворотом корпусу насоса відносно установчого фланця. Чергування подачі іншими секціями відносно першої має відбуватися з точністю  $\pm 0,5^\circ$ .

Подача палива на пусковій частоті обертання  $100 \text{ хв}^{-1}$  має становити  $160-180 \text{ мм}^3/\text{цикл}$ . Важіль керування регулятором під час вимірювання повинен знаходитися у положенні максимальної частоти обертання.

Якщо циклова подача не відповідає технічним умовам, то змінюють довжину тяги регулятора або повертають ексцентриковий палець (залежно від дати виготовлення паливного насоса).

Регулюють початок роботи регулятора при упорі важеля керування у гвинт обмеження максимальної частоти обертання. По-

вернувши коректор так, щоб його шток не торкався важеля регулятора, встановлюють частоту обертання (відповідає початку роботи регулятора) і визначають продуктивність паливного насоса (має відповідати номінальній продуктивності).

Регулюють продуктивність гвинтом обмежувача максимальної частоти обертання. Якщо гвинтом це зробити не вдається, то змінюють кількість робочих витків пружини регулятора, повертаючи вушко пружини. Після цього збільшують частоту обертання кулачкового валика до повного вимкнення подачі палива. При незбіганні частоти обертання повного вимикання з технічними умовами проводять регулювання гвинта «Стоп». Регулюють номінальну подачу палива на номінальній частоті обертання за упору важеля керування в гвинт обмежувача максимальної частоти обертання. У разі закручування корпусу коректора подача зменшується, викручування – збільшується.

Нерівномірність подачі палива штуцерами не має перевищувати 4%. Якщо вона перевищує цей показник, то змінюють напірні клапани у складі.

Циклова подача палива на режимі максимального крутного моменту має збільшуватися порівняно з номінальною на 12-20%. Регулюють збільшення подачі гвинтом коректора. Після регулювання повторно регулюють номінальну подачу палива.

### **Ремонт турбокомпресора.**

У процесі експлуатації турбокомпресора виникають такі дефекти: знос отворів підшипників під вал ротора, шийки валу під підшипники і втулки по канавках під ущільнювальні кільця; тріщини у корпусі турбокомпресора; дисбаланс ротора; згин лопатей робочих лопаток турбіни тощо.

Підшипники із зношеними внутрішніми отворами відновлюють локальним тиском фігурними роликками.

Відновлення у складі передбачає попередні операції правки і притирання центрального отвору з боку колеса.

Зношені шийки валу відновлюють залізненням з подальшим шліфуванням або відрізають зношену ділянку на токарному верстаті і приварюють заготовку, на машині тертя. Потім виконують відпускання, шліфування у центрах, закалювання СВЧ і чистову обробку валу.

Спрацьовані канавки під ущільнювальні кільця відновлюють

встановленням ремонтної втулки з подальшою механічною обробкою під номінальний розмір.

### **Складання турбокомпресора.**

Перед складанням ротор балансують на стенді ДБ-10, установивши на опорах, які коливаються тільки в одній площині, що проходить через вісь обертання ротора. Це дає змогу за допомогою датчиків визначити амплітуду коливань кожної опори. Обертається ротор від електродвигуна через пас. Сигнали датчиків через перемикач площин замірювання і підсилювач подаються на прилад, шкала якого проградуєвана в одиницях дисбалансу. Кутове розміщення дисбалансу визначають стробоскопічним методом. Безінерційна лампа загорається за максимального відхилення опор і освітлює поділки технологічної втулки, встановленої на вал ротора. На балансувальній машині можна виконувати балансування з точністю  $0,05 \cdot 10^{-4}$  Нм за частоти обертання валу ротора від 15 000 до 25000 хв<sup>-1</sup>.

Балансування виконують за два етапи: спочатку окремо вал ротора у складі в площині колеса турбіни, а потім, після встановлення і закріплення спеціальною гайкою колеса компресора, – ротор у складі в площині колеса компресора. Дисбаланс не має перевищувати  $0,2 \cdot 10^{-4}$  Нм в обох площинах. Метал з диска і лопатей знімають у місцях, передбачених кресленням.

Деталі ротора у складі після динамічного балансування розкомплектовувати категорично забороняється. На зовнішній поверхні гайки ротора проти мітки на торці валу ротора ставлять надфілем позначку.

Після балансування ротор розбирають і встановлюють у підшипник середнього корпусу. При цьому позначки на валу ротора повинні збігатися з позначками на опорній втулці, масловідбивачі, колесі компресора і гайці для запобігання розбалансуванню ротора. Ротор має легко обертатися в підшипниках, осьовий люфт має становити 0,17-0,3 мм. Середній корпус турбокомпресора з'єднують з корпусами компресора і турбіни, ущільнюючи з'єднання прокладками. Після складання турбокомпресор обкатують і випробують на спеціальних стендах, розміщених у боксах.

Турбокомпресор за допомогою пневматичних затискачів встановлюють на раму стенда. При цьому, вхідний отвір завитка турбокомпресора (рис. 9) з'єднують із камерою згорання.

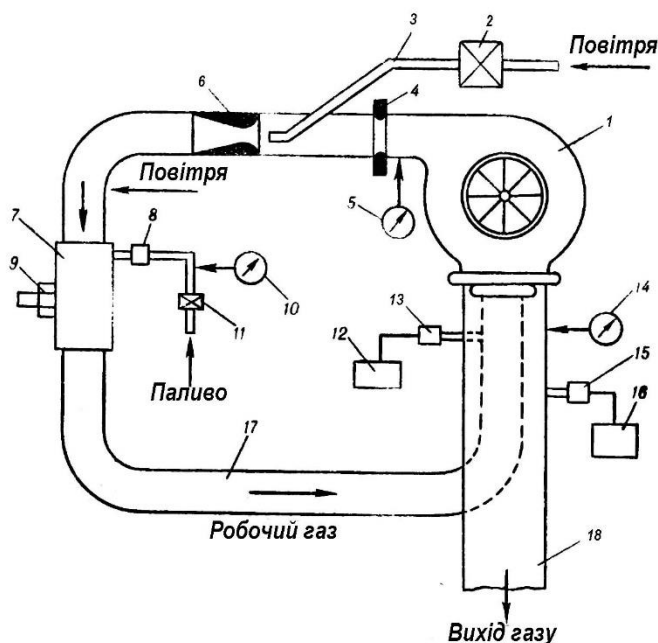


Рис. 9 – Схема стенда для випробування турбокомпресора: 1 – турбокомпресор; 2 – кран; 3 – трубка підведення стиснутого повітря; 4 – дросельна шайба; 5, 10, 14 – дистанційні манометри; 6 – дифузор; 7 – камера згоряння; 8 – форсунка; 9 – свічка; 11 – кран регулювання витрати палива; 12, 16 – гальванометри; 13, 15 – термопари; 17 – труба для підведення газів до турбіни; 18 – випускна труба

Там згоряє паливо, яке впорскується форсункою. Повітря, необхідне для згорання палива, частково подається від турбокомпресора, частково – від магістралі стисненого повітря. Гази, які утворюються під час згоряння палива, надходять на турбіну турбокомпресора. Для встановлення потрібного режиму випробувань регулюють витрату палива і кількість повітря, яке подається від зовнішнього компресора.

Підшипники турбокомпресора змащують дизельним маслом за тиску не менше 0,3 МПа і температурі 85-95°C від системи мащення стенда.

Кожен відремонтований турбокомпресор проходить обкатування і контрольно-здавальні випробування на режимах, рекомендованих технічними умовами на капітальний ремонт турбокомпресора цієї марки. Вибірковий контроль якості припрацювання деталей виконують частковим або повним розбиранням кожного двадцятого турбокомпресора. Після ревізії турбокомпресор проходить

повторну обкатку.

### **Складання, обкатка і випробування двигунів.**

Складання блок-картера починають із встановлення гільз. Перед запресуванням гільз циліндрів очищають від нагару посадочні пояси і верхню площину блок-картера. Встановлюють гільзи в блок без ущільнювальних кілець і перевіряють прокручування в посадочних поясах (має бути вільним). Після встановлення нового ущільнювального кільця в канавку нижнього поясу під гільзу перевіряють виступання торця буртика гільзи над поверхнею блока за натискання гільзи з зусиллям 9 кН.

Виступ бурта гільзи циліндрів перевіряють індикаторним пристроєм (рис. 10), який основою встановлюють на гільзу. Штифт, переміщуючись догори, прокручує важіль, який через шток переміщує ніжку індикатора. Всі розміри гільз і поршнів повинні бути однієї розмірної групи.

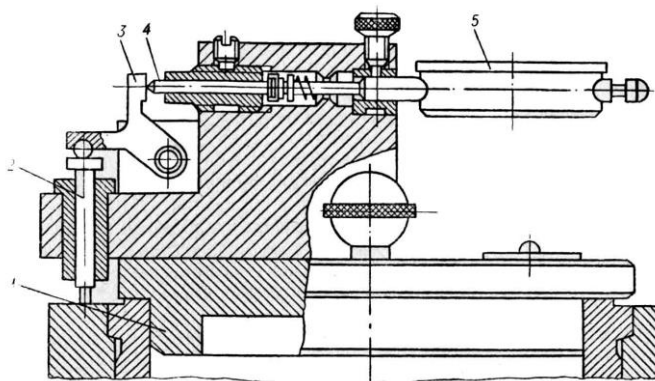


Рис. 14 – Пристрій для контролю виступу бурта гільзи над площиною циліндрів: 1 – основа; 2 – штифт; 3 – важіль; 4 – шток; 5 – індикатор

Установлення колінчастого валу. Спочатку перевіряють правильність комплектування колінчастого валу з вкладишами, які підбирають відповідно до ремонтного розміру шийок колінчастого валу. На кришках і кріпильних деталях мають бути позначки комплектності. У вкладишах, встановлених у постіль блока, передбачений отвір для змащування, який має збігатися з масляним каналом у блоці. Хитання вкладишів у гніздах або зависання їх на фіксуючих виступах не допускається. Встановлюють кришки з вкладишами і затягують гайки корінних підшипників рівномірно за 2-3 заходи.



Індикаторним нутроміром вимірюють внутрішні розміри вкладишів. Якщо зазори знаходяться в допустимих межах, наносять мітки на торцях гайок і шпильок. Після знімання корінних кришок вкладиші ретельно протирають і змащують моторним маслом. Колінчастий вал кладуть у постелі блока, ставлять упорні півкільця поздовжнього переміщення валу, закріплюють кришку, в якій розміщене упорне півкільце, і перевіряють поздовжнє переміщення валу. Установлюють і закріплюють решту корінних підшипників до збігання міток у 2-3 прийоми у послідовності: 3, 1, 5, 2, 4. Гайки або болти корінних підшипників шплінтують замковими шайбами або дротом.

Установлення шатунно-поршневої групи. Перед встановленням у блок-картер поршнів у складі з кільцями і шатунами протирають чистою тканиною дзеркало гільз циліндрів, зовнішню поверхню поршнів і нижню головку шатуна зі встановленими вкладишами і змащують моторним маслом. Перевіряють відповідність розмірних груп поршнів і гільз циліндрів. Замки поршневих кілець, розміщених поруч, мають знаходитися під кутом  $180^\circ$  один відносно одного. Поршень встановлюють у гільзу за допомогою спеціального пристрою або конусної оправки і технологічної гільзи.

Для двигунів СМД-60 і СМД-62 поршні у складі з шатунами встановлюють у циліндри блок-картера так, щоб стрілки на днищах поршнів спрямовувалися до водяного насоса, а в двигуні ЯМЗ зміщення камер згорання в поршнях було направлене до осі дизеля. Днище поршня при знаходженні його у ВМТ має виступати (заглиблюватися) над площиною блока.

Виступання (заглиблення) поршня для дизелів СМД-60 та СМД-62 – не більше 0,5 мм. Замірюють його індикаторним пристроєм. З'єднують шатун із шийкою колінчастого валу і затягують шатунні болти за допомогою динамометричного ключа ОРГ-8928.

Момент прокручування колінчастого валу після затягування всіх шатунних болтів не має перевищувати 50 Нм.

Встановлення масляного насоса і піддону нижньої кришки блок-картера. Перед встановленням масляного насоса перевіряють легкість обертання його шестірні. Забоїни на зубах шестірні не допускаються. Напрямні штифти масляного насоса мають щільно входити в посадочні отвори. Площину рознімання блок-картера змащують герметиком. Після встановлення масляного насоса на шпильці ставлять пружинні шайби. Гайки кріплення затягують до

відказу і фіксують. Вільні кінці радіальної трубки і трубки до масляного насоса захищають від забруднення. Остаточо кріплять трубки до корпусу масляного насоса після закріплення вільних кінців на блок-картері. Під болти кріплення трубок ставлять пружинні шайби. Болти затягують до краю і фіксують. Під час складання зазор між зубами шестірні привода насоса має бути в межах 0,15-0,7 мм.

Встановлення розподільного валу, картера шестерень і передньої кришки. Неплощинність прилягання картера шестерень до блок-картера і кришки шестерень до картера допускається не більше 0,15 мм на довжині 200 мм (перевіряють у стисненому стані). Оброблені поверхні картера шестерень не повинні мати забоїн, вм'ятин та інших пошкоджень. Прокладку картера шестерень змащують герметиком з обох боків. Болти кріплення картера шестерень до блок-картера рівномірно затягують до краю і стопорять, відігнувши краї замкових шайб на грані болтів.

Перед установленням розподільний вал, штовхачі, підшипники розподільного валу і поверхні отворів для штовхачів у блок-картері продувають стисненим повітрям. Підшипники шийок розподільного валу і штовхачі змащують моторним маслом. Штовхачі мають вільно переміщуватися без заїдань в отворах блок-картера, розподільний вал – вільно, без заїдань прокручуватися в підшипниках від зусилля руки.

Осьове переміщення розподільного валу має становити, мм: для; ЯМЗ-240Б – 0,121-0,265.

Шестірні на розподільних валах установлюють на шпонках. Від осьового переміщення їх утримують гайки, накручені на нарізний кінець валу. На двигунах ЯМЗ шестірні розподільного валу входять у зачеплення з шестірнями колінчастого валу (рис. 11), на Д-240 – через проміжну шестірню (рис. 12). Шестірні, газорозподілу встановлюють за мітками, які набивають на зубах і біля впадин. Боковий зазор між зубами шестерень знаходиться в межах 0,1 – 0,6 мм.

Поверхні кришки картера шестерень не повинні мати забоїн, вм'ятин та інших пошкоджень. Прокладку кришки шестерень перед встановленням змащують ущільнювальною пастою, ставлять на картер шестерень за допомогою прямого штифта і закріплюють. Установлюють передню опору на штифти блок-картера і прикріплюють болтами із замковими шайбами, стопорять болти, зігнувши

замкові шайби на грані головок болтів.

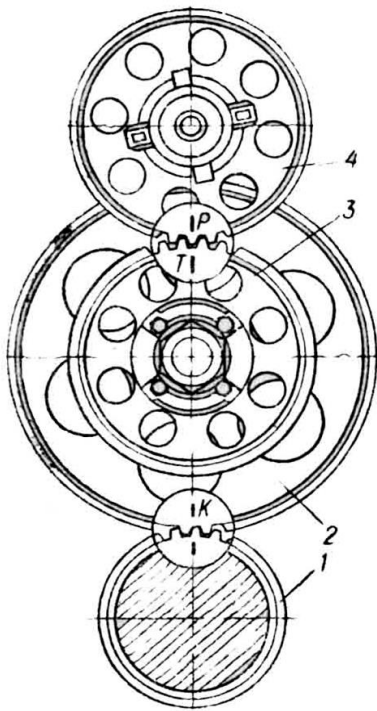


Рис. 11 – Схема встановлення розподільних шестерень дизелів типу ЯМЗ: 1 – шестірня колінчастого валу; 2 – шестірня розподільного валу; 3 – проміжна шестірня; 4 – шестірня паливного насоса

поперечних коливань, а бойки коромисел без перекосів прилягати до торців стрижнів клапанів.

Між клапаном і коромислом, за положення поршня у ВМТ повинен бути зазор, який забезпечує посадку клапанів на сідла, компенсацію теплового розширення деталей механізму привода клапанів і їх надійну роботу.

Для регулювання клапанів рядних двигунів включають декомпресійний механізм. Стежачи за коромислами клапана першого циліндра, повільно обертають колінчастий вал. При цьому обидва клапана (впускний, а потім впускний) відкриваються і закриваються. Після закриття впускного клапана визначають ВМТ.

Запресовують гумову манжетку до упору, встановлюють шпонку в паз колінчастого валу і напресовують шків колінчастого валу. Встановлений храповик затягують, потім встановлюють кожух маховика і маховик.

Встановлення головки циліндрів і клапанного механізму. Протирають привалкові площини блок-картера і головки циліндрів, встановлюють прокладку широким боком обкатки на поверхню блок-картера, змастивши її з двох боків герметиком або графітовою пастою СК-2/6-13. У кожний циліндр, перед встановленням головки циліндрів, заливають по 30 г моторного масла. Гайки кріплення циліндрів затягують у певній послідовності за кілька заходів. За один захід гайки затягують не більше, як на дві грані. Остаточну їх затягують динамометричним ключем.

Встановлюють штанги штовхачів, клапанний механізм у складі і закріплюють його. Коромисла мають вільно прокручуватися на осі і не мати

У дизелів Д-240 положення поршня, близьке до ВМТ, визначають установочним болтом (щупом). Після закривання впускного клапана болт викручують із різьбового отвору заднього листа і вставляють ненарізаним кінцем у той самий отвір. Потрапляння болта в отвір на маховику відповідатиме положенню поршня у дизеля до ВМТ, Д-240 – 26°. У дизеля Д-144, після закривання впускного клапана першого циліндра, колінчастий вал прокручується до збігання шийки ВМТ на шківі колінчастого валу з міткою на покажчику. Після визначення ВМТ декомпресійний механізм встановлюють у положення «Вимкнено».

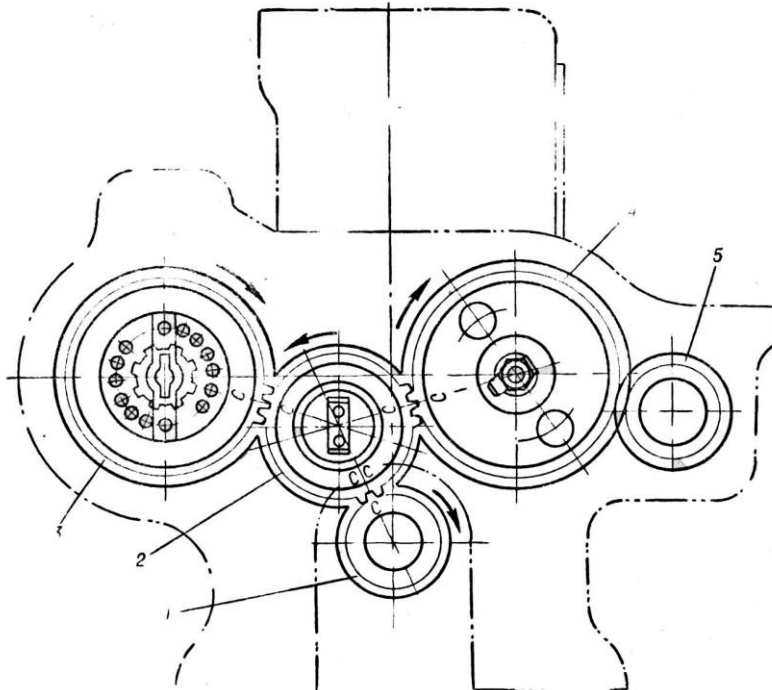


Рис. 12 – Схема встановлення розподільних шестерень дизелів Д-240 і Д-144: 1 – шестірня колінчастого валу; 2 – проміжна шестірня; 3 – шестірня паливного насоса; 4 – шестірня розподільного валу; 5 – шестірня привода насоса гідросистеми

Перевіряють зазор між стрижнем клапана і бойком коромисла і за необхідності регулюють обидва клапани першого циліндра. Для цього, відпускають контргайку регульовального гвинта, встановлюють необхідної товщини щуп між ударником коромисла і головкою стрижня клапана. Прокручуючи викруткою регульовальний гвинт, переміщують щуп до моменту, коли він почне трохи притискатися коромислом (рис. 13). Утримуючи в такому положенні гвинт, затягують контргайку.

Потім знову перевіряють зазор. Щуп не має вільно входити.

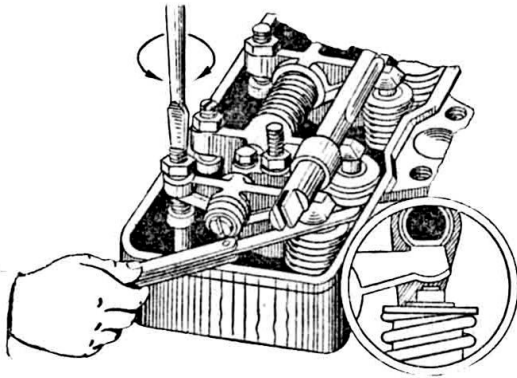


Рис. 13 – Регулювання зазорів у клапанному механізмі

Після регулювання обох клапанів першого циліндра, регулюють клапани в інших циліндрах у тій самій послідовності. Порядок роботи рядних чотирициліндрових двигунів такий: 1-3-4-2.

Зазори в клапанах V-подібного восьмициліндрового двигуна ЯМЗ-238НБ регулюють так. Прокручують колінчастий

вал до збігання мітки на шківі колінчастого валу з позначкою «0» на кришці картера шестерень розподільника. Поршень першого циліндра, в цьому випадку, знаходиться в ВМТ. Регулюють зазори в клапанах другого циліндра. Потім, прокручуючи вал на  $90^\circ$ , регулюють зазори в п'ятому циліндрі. Для регулювання зазорів в решти циліндрів колінчастий вал повертають кожний раз на  $90^\circ$  і регулюють клапани відповідно до порядку роботи. Після регулювання клапанів встановлюють кришку головки циліндрів, перевіrivши правильність розміщення прокладки.

Встановлення паливного насоса і форсунок виконують після регулювання на стенді відповідно до технічних вимог. Отвори в паливному насосі і форсунках закривають захисними ковпачками. Кут випередження подачі палива під час встановлення паливного насоса має відповідати марці дизеля. Похибка встановлення кута випередження подачі палива не має перевищувати  $1,5^\circ$  по куту повороту колінчастого валу (кут початку подачі палива визначають моментоскопом). Кут випередження подачі палива для двигунів становить  $16-18^\circ$ .

Привалкова поверхня фланця паливного насоса має бути чистою, без забоїв і вм'ятин, прокладка – без надривів і розшарувань. Прикріплюють насос до приставки і приєднують паливні трубки.

Комплект форсунок за пропускнуою здатністю повинен мати одну групу. На ЯМЗ застосовують розпилювач з чотирма сопловими отворами діаметром 0,34 мм; на Д-144 і Д-21 – трисопловий з отворами 0,3 мм; на Д-240 – з чотирма отворами діаметром 0,29 мм.

Обкатування і випробування двигунів під час поточного ремонту. Після складання двигун перевіряють на укомплектованість. Дільниця випробування і регулювання двигунів має бути обладнана обкатувально-гальмівним стендом, який дає змогу виконати обкатування і випробування дизеля, не знімаючи його з трактора (через вал відбора потужності). При підбиранні стенда для обкатування і випробувань дизеля відповідної марки керуються такими умовами: крутний момент і максимальна частота обертання колінчастого валу дизеля не повинні перевищувати меж, допустимих технічною характеристикою стенда.

На стенді виконують холодне і гаряче обкатування двигунів під час їх роботі без навантаження і під навантаженням, а також випробування двигунів на потужність і витрату палива. Обкатують і випробують двигун після поточного або капітального ремонту, заміни поршневих кілець або інших деталей циліндро-поршневої групи кривошипно-шатунного механізму.

Для проведення холодного обкатування вмикають електродвигун стенда і встановлюють частоту обертання колінчастого валу дизеля в межах  $500-700 \text{ хв}^{-1}$ . Тривалість обкатування становить 3-5 хв. Під час холодного обкатування дизеля робота його систем мащення і охолодження має відповідати таким вимогам: тиск масла у головній масляній магістралі дизеля не має бути менший  $0,08 \text{ МПа}$  за мінімальної частоти обертання колінчастого валу; температура мастила в піддоні дизеля (або перед масляним радіатором) не має перевищувати  $75^\circ\text{C}$ , а температура охолоджувальної рідини на виході із системи охолодження  $80^\circ\text{C}$ .

Після холодного обкатування масляні фільтри грубого і тонкого очищення ретельно очищають і промивають у дизельному паливі.

Обкатують дизель на холостому ході (без навантаження) протягом 10 хв за плавного підвищення частоти обертання колінчастого валу від мінімально стійкої до максимальної холостого ходу.

Обкатування дизеля під навантаженням виконують протягом 20 хв (по 5 хв на крутному моменті дизеля, який становить 25, 50, 70,  $90 \pm 5$  % номінального). Положення важеля регулятора який керує частотою обертання, при цьому, повинен відповідати повній подачі палива.

Після гарячого обкатування перевіряють і за потреби підтя-

гують гайки шпильок (болти) кріплення головки (головок) циліндрів. Підтікання палива і мастила не допускаються.

Значення номінального моменту дизеля визначають за формулою:

$$M_H = \frac{9550Pe_H}{n_H}, \quad (2)$$

де  $Pe_H$  і  $n_H$  – номінальне значення ефективної потужності, кВт, і частота обертання колінчастого валу,  $\text{хв.}^{-1}$ , за паспортними даними.

На спеціалізованих підприємствах застосовують два види прискореного обкатування двигунів: з використанням дизельного палива з присадкою АЛП-4Д і з подачею електричного постійного струму до пар тертя.

Приймально-здавальні випробування виконують протягом 30 хв для контролю якості ремонту (складання і регулювання) дизелів, які знаходяться на виробництві. Випробування передбачають перевірку максимальної і мінімальної стійкої частоти обертання холостого ходу; тиску мастила в головній масляній магістралі за номінальної під навантаженням і мінімальної частоті обертання на холостому ходу: температури охолоджувальної рідини на виході із дизеля; температури масла в піддоні або головній масляній магістралі; потужності за номінальної частоти обертання і положення органів керування регулятором частоти обертання, яке відповідає повній подачі палива; витрати палива за номінальної потужності і положенні органів керування регулятором частоти обертання, яке відповідає повній подачі палива. Параметри дизелів під час приймально-здавальних випробувань в основному ті самі, що й під час гарячого обкатування під навантаженням.

## Лекція № 12

### Особливості ремонту трансмісії і ходової частини.

#### Ремонт агрегатів та вузлів трансмісії.

Муфта зчеплення. Картер зчеплення тракторів і автомобілів може мати обломи і тріщини; знос центрувального отвору, отворів під стартер і в опорних лапах, під втулки вилки вимкнення зчеплення тощо.

Тріщини картера усувають дуговим або газовим зварюванням. Зношені отвори наплавляють або розсвердлюють і в них запресовують втулки.

Зношені за висотою опорні лапи наплавляють або приварюють до них накладки, а потім фрезерують. Ослаблену втулку валу вилки виключення випресовують, а отвір розвірчують з подальшим встановленням втулки ремонтного розміру і остаточно розвірчують її отвір.

Ведені диски зчеплень можуть мати знос фрикційних накладок, отворів під заклепки, шліців маточини; короблення дисків; ослаблення заклепок кріплення маточини; торцеве биття фланця маточини.

Ослаблені заклепки, які з'єднують ведений диск із маточною, видаляють. Зношені отвори під заклепки в дисках, маточинах і масловідбивачах розсвердлюють під ремонтний розмір з подальшим встановленням ремонтних заклепок і їх клепаанням у гарячому стані.

Зношені понад допустимі розміри шліци маточин відновлюють пластичним деформуванням.

Зношені, понад допустиму товщину, фрикційні накладки замінюють новими, а короблення ведених дисків усувають правлінням на плиті. Фрикційні накладки кріплять порожнистими латунними, мідними і алюмінієвими заклепками або приклеюють клеями ВС-10Т і ВС-350. Мінімальне заглиблення головок заклепок у нових накладках 0,6-2 мм, а допустимі місцеві нещільності між диском і накладкою 0,1-0,4 мм та торцеве биття поверхонь накладок відносно осі шліцьової маточини 0,5-1,2 мм, непрямолінійність поверхні фрикційних накладок 0,3-0,8 мм Різниця у товщині ведених дисків з накладками не більше 0,2-0,3 мм. Після ремонту складені ведені диски статично балансують.



Основними дефектами натискного, ведучих і проміжних дисків можуть бути зноси, задирки і короблення робочих поверхонь, тріщини і зломи. У випадку зносів і задирок робочих поверхонь диски проточують і шліфують до виведення слідів зносу. Товщина диска має бути не нижче мінімального значення (наприклад, для двигунів типу СМД-60 – 24 мм).

Вали зчеплень можуть мати зноси посадочних місць під підшипники кочення, ущільнення в муфті вмикання; зноси і пошкодження шліців, шпонкових канавок і різьби.

Посадочні місця під підшипники і шліци відновлюють за технологією, наведеною в лекції № 10.

Зношені за висотою кулачки відтискних важелів наплавляють порошковим дротом високої твердості, потім шліфують під номінальний розмір за шаблоном. Зношені отвори у важелях під палець або голчастий підшипник розвертають під палець збільшеного розміру. Різниця за масою відтискних важелів одного зчеплення не має перевищувати 10 г, а у двигунів типу СМД-60-15 г.

Пружини, які встановлюють на одне зчеплення, підбирають за довжиною і пружністю.

Під час складання муфти зчеплення, виконують регулювання для встановлення поверхонь кулачків відтискних важелів в одній площині і на певній відстані від поверхні тертя натискного диска відповідно до технічних вимог. Допускається взаємне відхилення упорних поверхонь кулачків до 0,4 мм. У дводискових зчеплень регулюють зазор між проміжним диском і упорними гвинтами. Муфту зчеплення складають за допомогою спеціального пристрою (рис. 1).

Складене зчеплення балансують на стенді. Дисбаланс натискного диска з кожухом зчеплення, наприклад, у двигуна ЗМЗ-53 – не більше 0,0036 Н·м. Диск балансують свердлінням отворів у бошишках, діаметром 11 мм? на глибину не більше 25 мм.

Після повного складання машини регулюють зазор між відтискними важелями і підшипником відведення та вільний хід педалі зчеплення.

Коробка передач може мати такі несправності: наявність підвищеного шуму; нагрівання корпусу, валів і важелів коробки; підтікання масла; ускладнене вмикання і вимикання передачі; зниження крутного моменту в коробках з гідравлічним керуванням

фрикціонами передач.

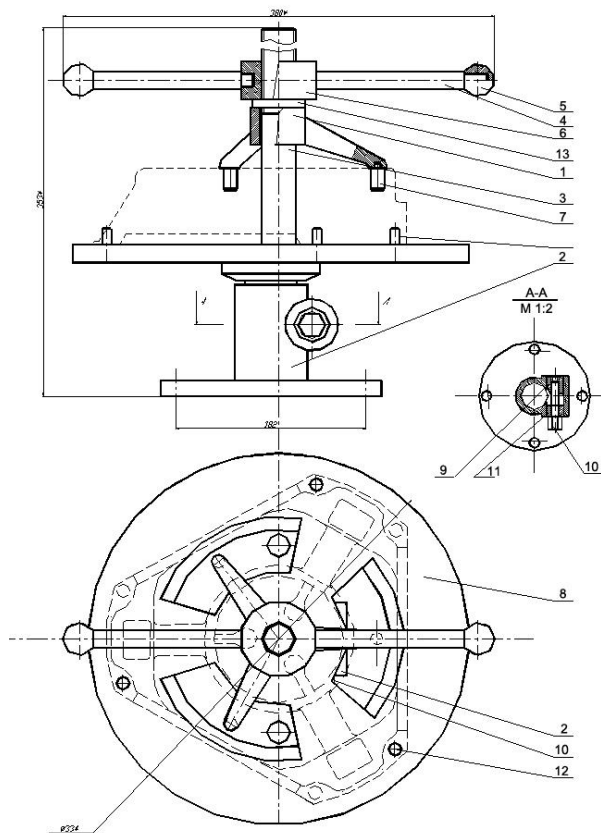


Рис.1 – Пристрій для розбирання і складання муфти зчеплення:

- 1 – трійник;
- 2 – стійка;
- 3 – вал;
- 4 – рукоятка;
- 5 – кінцівка рукоятки;
- 6 – гайка;
- 7 – напрямна;
- 8 – опорна плита;
- 9 – гайка фіксатора;
- 10 – болт фіксатора;
- 11 – втулка фіксатора;
- 12 – штифт;
- 13 – шайба

Ці несправності виникають внаслідок зносу посадочних отворів під підшипники і їх гнізда; появи тріщин у перемичках між отворами у бокових і нижніх стінках; пошкодження установочних штифтів і різьби в отворах, що призводить до порушення міжцентрової відстані і паралельності валів, співвісності і паралельності осей отворів і міжосьових відстаней; зносу зубів шестерень як за товщиною, так і довжиною; порушення зазорів у спряженнях посадки підшипників у корпусі коробки передач і валів з підшипниками; зносу деталей синхронізаторів, приводу і куліси вмикання передач, гідросистеми і фрикціонів коробки передач.

Розбирають коробки передач на спеціальних стендах із застосуванням знімачів і пристроїв. Основні придатні деталі не рекомендується розкомплектовувати.

Корпуси коробок передач можуть мати: обломи і тріщини, знос посадочних місць під підшипники кочення, отворів і торцевих поверхонь бобишок під блок шестерень заднього ходу.

Знос торцевих поверхонь бобишок під блок шестерень заднього ходу усувають фрезеруванням.

Технологія ремонту корпусних деталей, валів і осей описана у лекції № 10.

Бокові поверхні щоки вилок перемикачів передач, зігнуті понад 0,3-0,5 мм, правлять на плиті. Неперпендикулярність поверхонь, спряжених з пазом шестірні, відносно осі отвору не повинна перевищувати 0,1 мм на крайніх точках. Зношені бокові поверхні щоки наплавляють.

Зігнуті валики, штоки і важелі правлять у холодному стані.

Биття валиків допускається до 0,1 мм. Зношені поверхні наплавляють. Після запресування підшипників, зазор між буртиком гнізда і торцем зовнішнього кільця підшипника має бути не більше 0,1 мм, а між буртиком валу і торцем внутрішнього кільця – 0,05 мм на дузі 90°.

Рухомі шестірні мають вільно переміщуватися шліцями валу. Зазори у шліцевих з'єднаннях шестерень і валів 0,025-0,4 мм. Незбігання торців зубів нових шестерень у ввімкненому положенні не більше 0,5-1,0 мм, а шестерень, які були в експлуатації 2 мм.

Під час складання вторинних валів і муфт коробки передач трактора типу Т-150 стежать, щоб одна стрілка на задній муфті і дві стрілки на передній муфті спрямовувалися за рухом трактора і розміщувалися зверху, а риска на передньому торці валу була повернута догори (рис. 2).

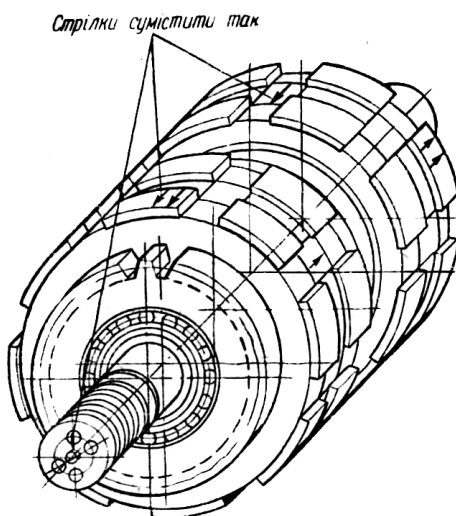


Рис. 2 – Схема складання вторинного валу і гідропідтискних муфт трактора типу Т-150

Роботу муфт перевіряють повітрям під тиском 0,2 МПа, який підводять по чергово до свердлинь на передньому хвостовику вторинного валу. У цьому випадку диски відповідної муфти мають стискатися поршнем, а після знімання тиску – повертатися у початкове положення.

Чотиридискову (за кількістю ведучих дисків) гідропідтискну муфту встановлюють

із боку двох стрілок, а п'ятидискову – з боку однієї стрілки. У складеній муфті сумарний зазор між дисками на чотиридисковому боці: максимальний – 5,51 мм, мінімальний – 1,38 мм; на п'ятидисковому боці: максимальний – 6,36 мм, мінімальний – 1,53 мм.

Пластинчасті пружини дисків мають бути зміщені на кут  $45^\circ$  одна відносно іншої.

Бокові зазори між зубами пари циліндричних шестерень будь-якої передачі повинні становити 0,2-0,5 мм.

Фрезерований паз нижнього стакана 150.37.122 суміщають із рискою, нанесеною на корпусі коробки.

Під час встановлення розподільника на коробку передач трактора Т-150 забезпечують рівномірний зазор (0,15 мм) між твірною хвостовика вторинного валу і втулкою розподільника, який контролюють щупом.

Під час встановлення приводу насоса гідросистеми боковий зазор між зубами пари конічних шестерень має становити 0,2-0,4 мм. Його регулюють підбиранням прокладок А конічної шестірни і прокладок Б корпусу сальника (рис. 3).

Після складання коробки передач обкатують без навантаження та під навантаженням і випробовують на спеціальних стендах.

Коробку передач обкатують протягом 2-3 хв на всіх передачах переднього і заднього ходів. Під час випробування її навантажують певним крутним моментом. Перевіряють справність фіксуючих і блокувальних пристроїв, легкість перемикання передач, роботу клапанів і масляного насоса, відсутність підтікань масла, стуків, шуму шестерень і перегрівання деталей. Не допускається нагрівання деталей до температури  $65^\circ\text{C}$  взимку і  $85^\circ\text{C}$  влітку.

Карданна передача може мати биття (вібрацію) карданного валу; ослаблення кріплення вилок; боковий і торцевий люфт хрестовини у підшипниках, зноси у шліцьових з'єднаннях; зноси і пошкодження ущільнень і сальників підшипників та шліцьових з'єднань; порушення герметичності маслянок і запобіжних клапанів хрестовин. Ці несправності карданної передачі виникають через дефекти деталей.

Труба карданного валу може мати згин валу, знос шліців і отворів вилок, пошкодження нарізі в отворах.

Зігнутий карданний вал правлять на стенді. У випадку зносу,

зовнішніх шліців, вал ремонтують наплавленням із подальшою механічною обробкою або замінюють шліцьовий наконечник новим.

Зношені отвори вилки під стакани голчастих підшипників ремонтують наплавленням або

залізненням з подальшою механічною обробкою.

Пошкодження нарізі в отворах вилки ремонтують наплавленням з подальшим нарізанням різьби номінального розміру. Вилку карданного валу, із зношеним шліцьовим хвостовиком, наплавляють і обробляють під номінальний розмір.

Зношені отвори під голчасті підшипники і різьбу в отворах під болти кріплення кришок ремонтують так само, як і у вилках карданного валу.

Хрестовини карданних шарнірів цементують на глибину 1,1-1,9 мм, гартують і відпускають до 58-65 HRC. Зношені шипи хрестовин відновлюють наплавленням із подальшою механічною обробкою під номінальний розмір або пластичною деформацією, чи хромуванням. Твердість наплавлених шипів має бути не менше HRC 45.

Перед розбиранням карданних валів наносять мітку для фіксації їх взаємного розміщення, щоб після складання зберегти заводське балансування і скоротити процес припрацювання

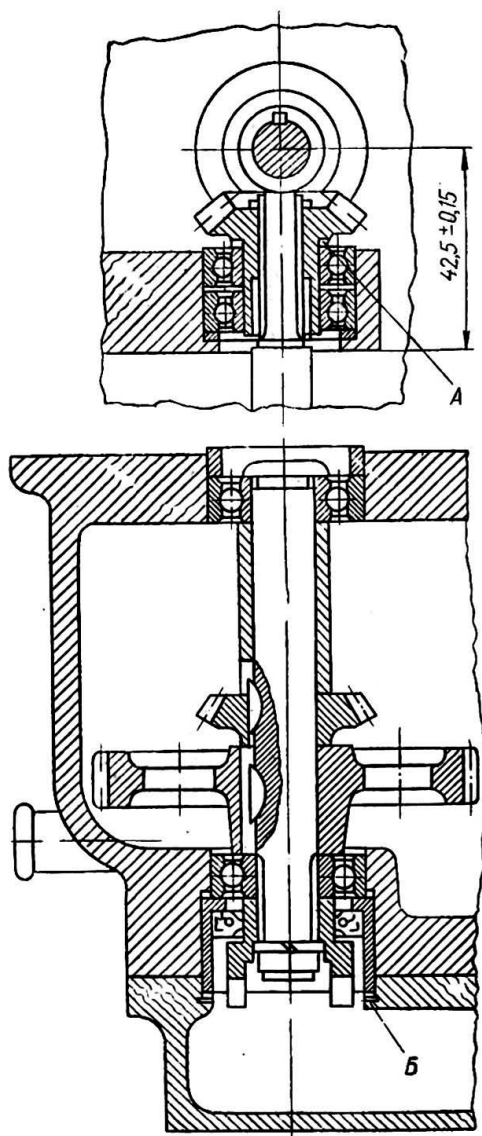


Рис. 3 – Схема встановлення приводу насоса гідросистеми коробки передач трактора Т-150К:  
А – прокладка конічної шестірні;  
Б – прокладка корпусу сальника

тку для фіксації їх взаємного розміщення, щоб після складання зберегти заводське балансування і скоротити процес припрацювання

деталей. Особливо уважно знімають деталі з високою точністю обробки, наприклад, голчасті підшипники валу.

Биття карданного валу трактора або автомобіля не повинне перевищувати біля вилок 0,4 мм, по довжині труби – 0,8 мм, а биття проміжного валу біля запірною торця шийки – 0,1 мм. Осьовий люфт на шипах хрестовини допускається не більше 0,24 мм.

Під час складання ковзну вилку встановлюють у шліцьову втулку проміжного валу так, щоб осі отворів під підшипники були в одній площині.

Розбирають і складають карданні вали за допомогою спеціального оснащення.

Ведучі мости тракторів і автомобілів можуть мати несправності, які викликають характерні звуки і запахи горілого мастила, підвищення температури корпусних деталей, погіршення керованості агрегатом, ривки під час рушання з місця, підтікання масла у місцях ущільнення деталей і з'єднаннях корпусів агрегатів, підвищені вібрації і зменшення швидкості трактора або автомобіля.

Картери редукторів під час розбирання не мають розкомплектовуватися з кришками підшипників диференціала, оскільки вони оброблені сумісно.

Під час розбирання диференціала, права і ліва чашки не повинні розкомплектовуватись. Чашки з обломами і тріщинами вибраковують. Вм'ятини, задири і зноси торця під шайбу шестірні піввісі усувають обробкою торцевої поверхні під відповідний ремонтний розмір.

Зноси отворів під стяжні болти в чашці усувають свердлінням нових отворів у проміжках між старими. Сферичну поверхню під шайби сателітів із вм'ятинами, задирками або зносами розточують фасонним різцем під ремонтний розмір. Замість зношених отворів під шипи хрестовини свердлять нові отвори, розміщені під кутом 45° до зношених.

Правильність зачеплення конічних шестерень головної передачі у більшості сучасних тракторів встановлюють тільки під час складання після ремонту або заміни деталей задніх мостів. Встановлення ведучої шестірні перевіряють шаблонами і пристроями.

Особливість складання задніх мостів – необхідність регулювання зачеплення конічних шестерень головної передачі, яке передбачає правильне розміщення шестерень, однієї відносно іншої, і

отримання нормального бокового зазору між їх зубами, а також зазору у роликових конічних підшипниках.

Шестірні встановлені правильно, якщо вершини їх початкових конусів збігаються в точці  $O$  (рис. 4), а твірні початкових конусів – з лінією  $OC$ . Тому, під час складання коробки передач, шестірню вторинного валу кріплять на відстані  $A$  від торця шестірні до обробленої площини задньої стінки корпусу, що забезпечує розміщення вершини початкового конуса шестірні вторинного валу на осі веденої шестірні головної передачі.

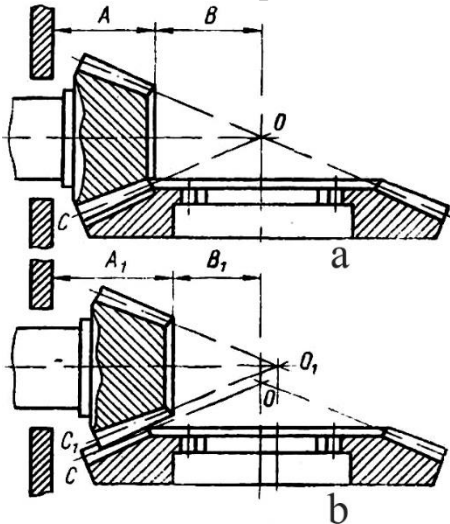


Рис. 4 – Схема регулювання зчеплення конічних шестерень головної передачі:

а – зчеплення відрегульоване правильно;

б – зчеплення відрегульоване неправильно:  $A$  і  $A_1$  – відстань від торця ведучої шестірні до привалкової площини корпусу коробки передач;  $B$  і  $B_1$  – відстань від торця до осі веденої шестірні

Для встановлення вершини початкового конуса шестірні вторинного валу або ведучої шестірні головної передачі на осі заднього моста використовують спеціальні пристрої. Наприклад, у тракторах типу Т-150К зазор у підшипниках веденої шестірні і в зачепленні конічних шестерень регулюють під час заміни шестерень. Під час регулювання від'єднують кінець карданного валу від фланця 3 (рис. 5) і, видаливши болт і кріплення стакана 8, двома довгими болтами 4 випресовують стакан. Не розбираючи стакан, затягують гайку 2 до відказу і перевіряють товщину регулювальних прокладок 7, прокручуючи шестірню за фланець. Якщо шестірня прокручується із значним люфтом, зменшують товщину прокладок, а якщо надто туго, додають прокладку. За допомогою прокладок 7 встановлюють натяг у підшипниках. Момент опору обертання ведучої шестірні без сальників має становити 0,6-1 Н·м.

Правильність встановлення ведучої шестірні визначають за розміром  $A=189\pm 1$  мм, який регулюють прокладками, що знаходяться під фланцем стакана підшипників.

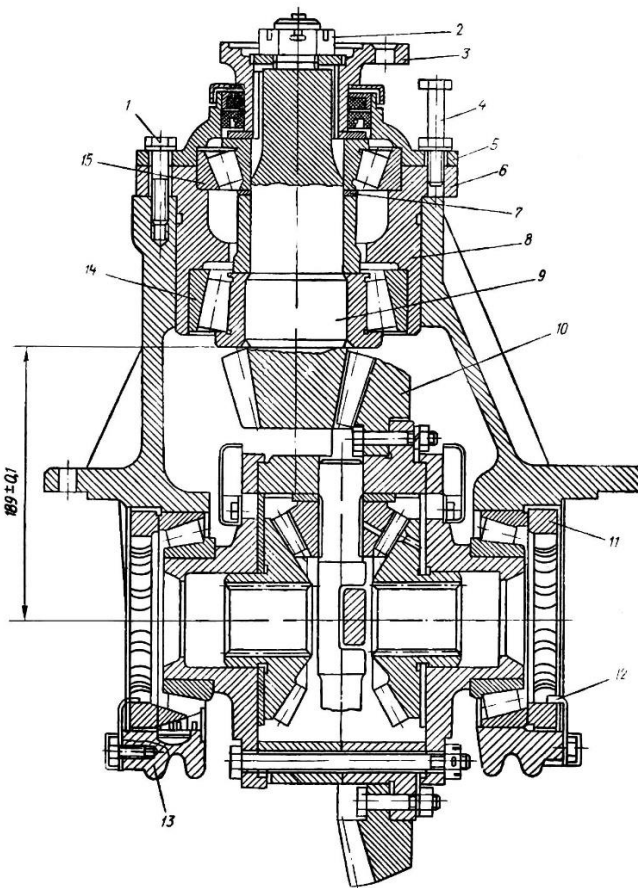


Рис. 5 – Головна передача трактора Т-150К:

- 1, 4 – болти;
- 2 – гайка;
- 3 – фланець;
- 5 – кришка корпусу;
- 6 – стакан;
- 7 – регулювальні прокладки;
- 8 – стакан підшипників;
- 9 – ведуча шестірня;
- 10 – ведена шестірня;
- 11 – регулювальна гайка;
- 12 – стопорна шайба;
- 13 – кришка підшипника диференціалу;
- 14, 15 – підшипники

Зазор у підшипниках веденої шестірні регулюють у такій послідовності. Розшпінтовують і відпускають гайки кріплення кришок підшипників. Прокручуючи ведену шестірню 10, регулювальною гайкою 11, з боку торця шестірні підтискають підшипник до повного затискання шестірні, після чого відпускають гайку на 6-8 виступів. Легким постукуванням з боку зубів підтискають підшипник до регулювальної гайки 11. Шестірня має вільно обертатися від руки. Аналогічно підтискають другу регулювальну гайку і відпускають на 2-3 виступи. Перевіряють зазор, затягують до краю гайки кришок підшипників і шпінтують їх.

Зачеплення шестерень головної передачі оцінюють за плямою контакту, зазором і рівнем шуму. Підбирання і контроль шестерень за плямою контакту здійснюють на спеціальному стенді. Правильного положення плями контакту досягають шляхом взаємного відносного переміщення шестерень уздовж осі обертання.

Зазор у зачепленні перевіряють за допомогою індикаторної головки, а правильність зачеплення – за плямою контакту (рис. 6).



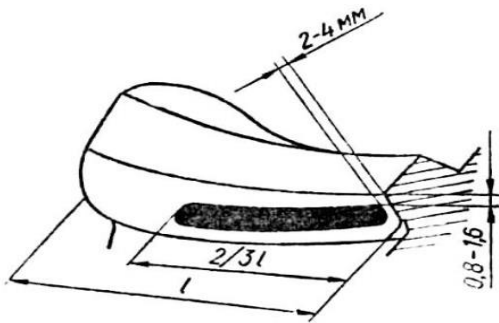


Рис. 6 – Правильне розміщення плями контакту на зубі шестірні

Для цього, на робочі поверхні кількох зубів веденої конічної шестірні наносять тонкий шар масляної фарби. Пригальмовуючи рукою ведену шестірню, повертають ведучу шестірню в обидва боки. Утворені плями контакту свідчать про характер зачеплення шестерень (рис. 7). Боковий зазор і пляму контакту можна виміряти пересуванням веденої і ведучої шестерень. Ведучу шестірню пересувають, збільшуючи або зменшуючи товщину прокладок між фланцем картера підшипників валу ведучої шестірні і картером редуктора. Ведену шестірню пересувають перекладанням прокладок з під однієї кришки редуктора під другу. Загальна товщина прокладок має бути постійною, оскільки порушується регулювання підшипників проміжного валу. Зазор між торцевим боком півосьових шестерень і внутрішньою поверхнею диференціала регулюють установленням опорних шайб різної товщини.

Осьовий зазор сателітів на шийках хрестовин регулюють за допомогою шайб різної товщини, а осьовий зазор у підшипниках диференціала – гайками і перевіряють за допомогою індикаторної головки.

У передніх ведучих мостів тракторів і автомобілів регулюють зачеплення конічних шестерень і зазор у підшипниках головної передачі та диференціала.

Після складання, ведучі мости тракторів і автомобілів обкатують і випробують на стендах без навантаження і під навантаженням. Випробують ведучі мости спочатку без навантаження за змінної частоти обертання ведучої конічної шестірні від  $750$  до  $3000 \text{ хв}^{-1}$ , потім під навантаженням при тій же частоті і гальмівному моменту на кожній піввісі –  $130 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

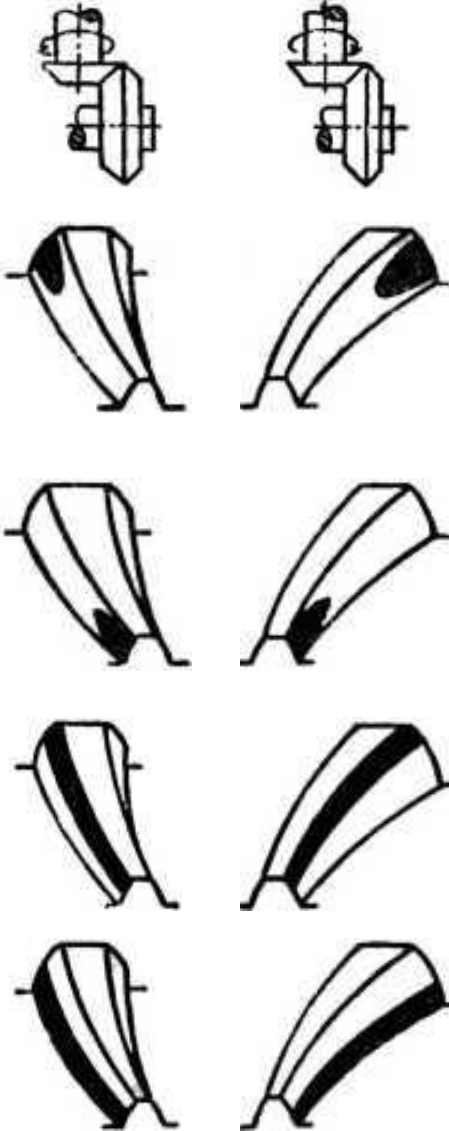
У процесі випробування перевіряють роботу головної передачі і диференціала. При цьому не має бути шуму, стуків, ривків. Нагрівання підшипників до температури понад  $60\text{-}80^\circ\text{C}$  не допускається. Обертання маточин має бути плавним і безшумним. Якщо

ці вимоги не витримуються, перевіряють правильність регулювань і усувають несправності.

Положення плями контакту на зубах веденої шестерні

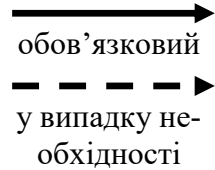
Передній хід

Задній хід



Спосіб виправлення

Напрямок переміщення шестерень:



Присунути ведену шестерню до ведучої.

Якщо утвориться дуже малий боковий зазор між зубами, то відсунути ведучу шестерню

Відсунути ведену шестерню від ведучої.

Якщо утвориться дуже великий боковий зазор між зубами, то присунути ведучу шестерню

Присунути ведучу шестерню до веденої.

Якщо боковий зазор буде занадто малий, то відсунути ведену шестерню

Відсунути ведучу шестерню від веденої.

Якщо боковий зазор буде занадто великий, то присунути ведену шестерню

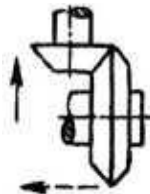
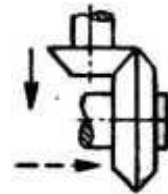
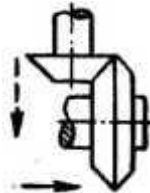
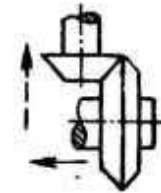


Рис. 7 Способи регулювання зачеплення конічних шестерень головної передачі за плямою контакту

### Ремонт основних вузлів ходової частини гусеничних тракторів.

Деталі ходової частини працюють в абразивному середовищі, за сухого тертя і приймають значні динамічні навантаження, як наслідок, вони інтенсивно зношуються (понад 10 мм). Тому, під час

ремонту вибирають такі способи, які дозволяють нанести покриття значної товщини і підвищеної стійкості проти зносу.

Ведучі колеса із однобічним зносом зубів переставляють з одного боку трактора на другий. Великий знос зубів призводить до порушення нормального зачеплення ведучого колеса з гусеницею. Зуби відновлюють ручним дуговим наплавленням за шаблоном, заливанням рідким металом (рис. 8) або приварюванням нових секторів колеса (рис. 9).

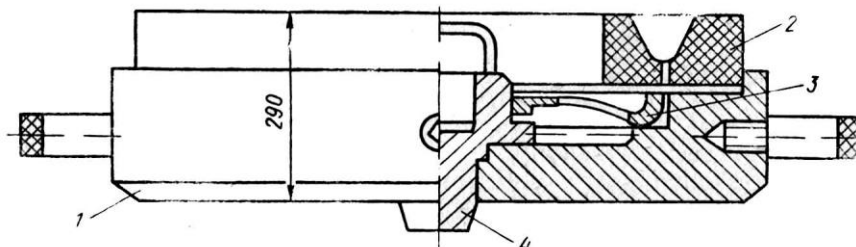


Рис. 8 – Схема кокіля для відновлення веденого колеса заливанням рідким металом: 1 – кокіль; 2 – ливникова чаша; 3 – колесо; 4 – центрувальна вісь

Під час заливання рідким металом колесо встановлюють у кокіль 1, заливають металом через ливникову чашку 2 і центрують у кокілі за допомогою центрувальної осі 4. Для збільшення зчеплення металу, що заливається, з поверхнею деталі колесо і кокіль попередньо підігрівають.

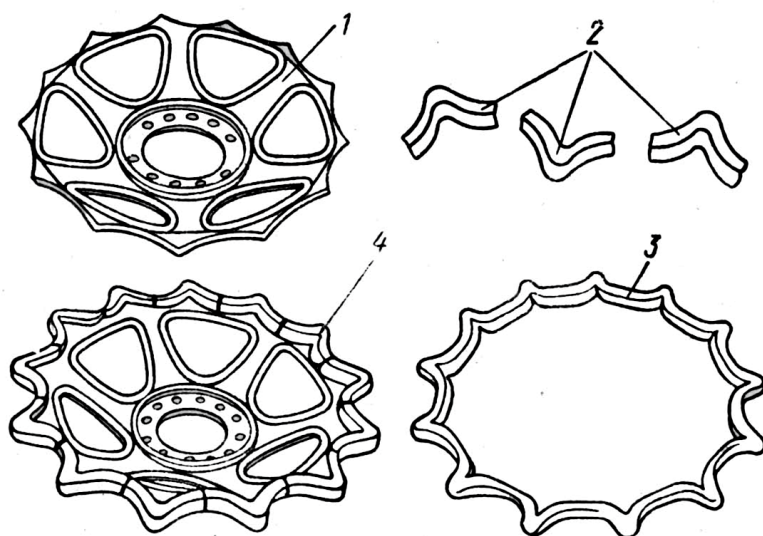


Рис. 9 – Схема відновлення ведучого колеса приварюванням секторів: 1 – ведуче колесо; 2 – сектори; 3 – зірочка; 4 – відновлена деталь

Під час приварювання секторів, зуби колеса відрізають по копіру на спеціальній машині для кисневого різання. Колесо з обрізаними зубами вкладають у шаблон і по копіру замість відрізаних зубів приварюють сектори 2 автоматичним зварюванням під шаром флюсу АН-348А.

Нові сектори виготовляють штампуванням або литтям, які відповідають формі зубів ведучого колеса.

Ланки гусениць виготовляють із високомарганцевистої сталі Г13Л, яка має високу стійкість проти зношування в абразивному середовищі.

Основні дефекти ланок гусениці – знос отворів вушок, бігових доріжок і ґрунтозачепів, а також тріщини.

До 80% ланок гусениць вибраковують через знос отворів і тріщини ланок. Знос отворів вушок ланок допускається до товщини стінок 3,5 мм. Їх відновлюють заливанням рідким металом або пластичним деформуванням.

Перед заливанням рідким металом торці вушок зачищають на обдирно-шліфувальному верстаті. У стінках, з боку найбільшого зносу вугільним електродом пропалюють технологічні отвори розміром 10-12 мм. Встановлюють ланку вушком вгору і ставлять в неї технологічний палець, діаметр якого на 0,2-0,4 мм більший номінального діаметра отвору. Ущільнюють торці металевими шайбами. Через пропалений технологічний отвір у вушко заливають розплавлену сталь 45Л, 50Л або 55Л. Метал заливають у холодну ланку, а тому сплавлення його з вушком не відбувається. Після охолодження розплавленого металу утворюється вкладиш, який копіює зношену частину отвору і утримується в ньому ливником як заклепку.

Відновлення вушок ланок способом пластичного деформування виконують у спеціальних штампах. Для цього придатні ланки з товщиною передньої стінки на дузі 120° не менше 8 мм, товщиною цівки і бігової доріжки не менше 7 мм. Спочатку ланки нагрівають у соляній електродній ванні до 350-400°C, а потім витримують 5 хв у розплаві хлористого барію за температури 1000-1050°C, що дає можливість запобігти втратам і вигоранню легуючих елементів і покращує пластичність металу.

Нагріту ланку (рис. 10) укладають у матрицю 2, а в отвір вушка вводять технологічний палець 5. Блок основних пуансонів, переміщуючись у вертикальній площині, підтискає верхню і нижню

частину вушка до пальця і за рахунок пластичного деформування витісняє метал до передньої стінки. Додаткові пуансоны 3 підтискають передню стінку до пальця і остаточно формують вушка. Тривалість деформації ланки у штампі 5-6 с. Після цього ланки гартують у холодній воді. Бігові доріжки ланок відновлюють наплавленням під шаром флюсу.

Зношені ґрунтозачепа наплавляють до нормальної висоти або приварюють до їх вершин дротики діаметром 5-7 мм.

Після відновлення деталі комплектують і складають вузли ходової частини гусеничних тракторів.

Напрядне колесо після складання має вільно провертатися від зусилля руки. Осьовий розбіг колеса на колінчастій осі не має перевищувати 0,5 мм (Т-150). Ущільнювальне кільце, після втискування у ковпак, має вільно виходити назад під дією пружини. Поверхні тертя кілець притирають до повного прилягання до плити (перевіряють на фарбу).

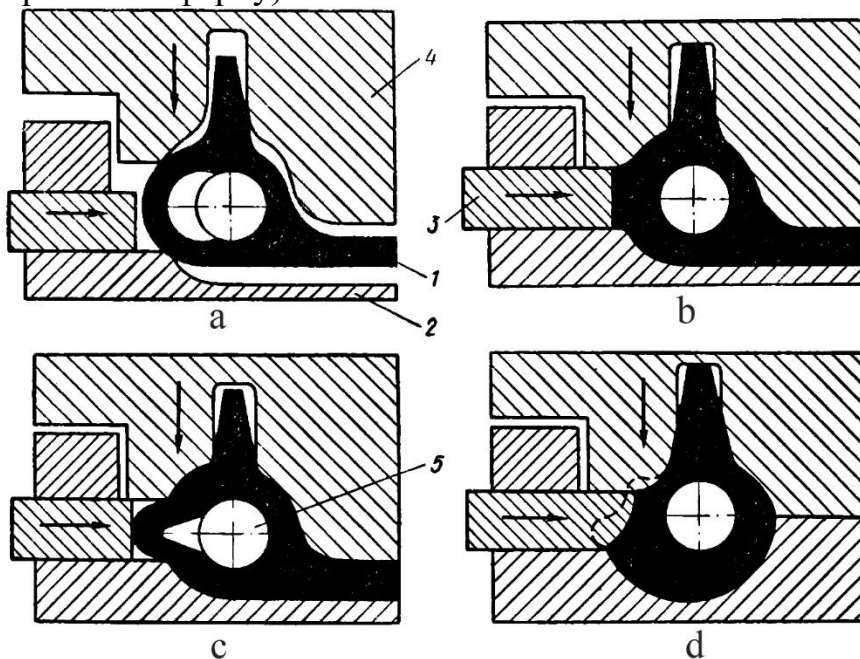


Рис. 10 – Схема формування вушок ланок гусениць пластичним деформуванням: а, б, с, d – послідовність деформування у гарячому стані; 1 – ланка гусениці; 2, 4 – корпус матриці; 3 – прес; 4 – корпус

Якщо осьовий розбіг у підшипниках напрямного колеса перевищує допустимий, виконують регулювання: затягують регулювальну гайку до тугого обертання колеса від зусилля руки за обід і

відкручують її на 1/6 оберту. Перевіряють вільне обертання колеса від руки і затягують контргайку з подальшою фіксацією замковою шайбою.

Довжина пружин амортизаційного пристрою, стиснених до робочого стану, має становити 507 мм для внутрішньої і  $525 \pm 3$  мм для зовнішньої (Т-150).

Складають каретку на спеціальних стендах. Обкатують каретки протягом 15 хв з частотою обертання котків  $151 \text{ хв}^{-1}$ .

Полотна гусениць ходової частини тракторів Т-150 і ДТ-75М мають бути складені із відновлених ланок, що відповідають таким вимогам: діаметр отвору у вушці ланки не має перевищувати  $22^{+2,0}_{+0,5}$  мм, розмір цівки у місці зачеплення із зірочкою – не менше 42 мм; товщина бігової доріжки під опорні котки – не менше 7 мм; висота заклепки вкладиша, залитого через технологічний отвір, на зовнішньому боці вушка – не перевищувати 3 мм.

Крок полотна гусениці не має перевищувати 1730 мм. Його перевіряють на довжині 10 ланок не менше як на трьох ділянках гусеничного полотна за розтягувального зусилля 10 кН.

Всі пальці ланок складеної гусениці мають бути надійно зашплінтованими.

### **Ремонт ходової частини і механізму керування колісних тракторів і автомобілів.**

До основних дефектів передніх осей належать: згин і скручування, знос отворів під пальці (шворні), під стопор шворня, а також опорних торцевих поверхонь бобишок і площадок кріплення ресор.

Передні осі з тріщинами вибраковують. Згин і скручування передніх осей перевіряють на стендах і спеціальних пристроях. Балки правлять у холодному стані, не порушуючи термічну обробку.

Зношені отвори під шворінь розвірчують до ремонтного розміру або запресовують в них втулки. Для збереження нормальних кутів нахилу, під час розвертання отворів, використовують кондуктор або спеціальний пристрій.

Зношений отвір під стопор шворня розвірчують до ремонтного розміру і в нього встановлюють збільшений стопор.

Зношені опорні торцеві поверхні бобишок наплавляють до номінального розміру електродуговим зварюванням.

Зношені опорні поверхні площадок кріплення ресор наплавляють, а потім шліфують абразивними кругами.

Лонжерони рам можуть мати погнутість і скрученість, пошкодження кронштейнів, ослаблення заклепкових з'єднань, тріщини.

Погнуті і скручені лонжерони правлять у холодному стані за допомогою гвинтових і гідравлічних переносних пристроїв або на стендах з гідравлічним пресом. Пошкоджені кронштейни замінюють новими.

Ослаблені заклепки замінюють новими. Зношені отвори під заклепки розвірчують під їх збільшений діаметр або заварюють на мідній прокладці і обробляють під номінальний розмір.

Клепання виконують з попереднім нагріванням заклепок або без нього. Заклепки нагрівають до температури 830-900°C. Під час холодного клепання застосовують гідравлічні клеपालні установки, які дозволяють обтискати заклепки діаметром до 13 мм.

Тріщину в лонжероні або поперечині розробляють під кутом 70-90°C, а її кінець засвердлюють свердлом діаметром 4 мм. Заварюють тріщину за постійного струму зворотної полярності електродами типу УОНИ 13/55 або 03С-6 діаметром 4-6 мм. Для зміцнення зварний шов і поверхню по обидва боки від нього на відстані 3-4 мм наклепують за допомогою пневматичного молотка із сферичним бойком діаметром 4,5 мм.

Тріщини великої довжини заварюють, а на пошкоджену ділянку встановлюють прямокутну або ромбоподібну накладку. Першу приварюють тільки поздовжніми швами. Якщо тріщина проходить через весь поперечний переріз поздовжньої балки, то її заварюють, а на пошкоджену ділянку, на заклепках, встановлюють накладку коробчастого перерізу.

Поворотні кулаки можуть мати зноси посадочних місць під підшипники і отворів під втулки шворнів та шпонкових канавок, зривання нарізи, обломи і тріщини.

Зношені посадочні місця під підшипники передніх коліс відновлюють хромуванням або залізненням.

Пошкоджену різьбу під гайку перерізають на різьбу ремонтного розміру або наплавають шар металу і нарізають різьбу нормального розміру. Деталі з обломами і тріщинами, із зношеними конусними отворами під важелі вибраковують. Знос вушка під бобишку балки переднього моста усувають фрезеруванням. Для забезпечення номінального зазору між бобишкою балки і вушком поворотного кулака під час складання встановлюють шайбу.

Зношені втулки під шворнінь замінюють новими.

Поворотні кулаки вибраковуюють у разі обломів і тріщин на цапфі, значного зносу конусних отворів під поворотні важелі, вушка, балку передньої осі і шпонкових канавок. У шворнів зношуються зовнішні поверхні, спряжені із втулками. Їх відновлюють хромунням, залізненням або перешліфовують до ремонтного розміру. У цьому випадку отвір осі розточують і в нього запресовують втулку, а втулки поворотного кулака замінюють новими – із зменшеним отвором.

Зігнуті рульові тяги правлять під пресом, а поворотні важелі – за шаблоном із попереднім нагріванням. У випадку пошкодження внутрішньої нарізі наконечники рульових тяг вибраковують.

Зношені кульові пальці рульових тяг і втулки осі кочення не ремонтують, а вибраковують.

Черв'яки і ролики рульового керування з раковинами і тріщинами, обломами, ступінчастим зносом і відшарованим металом на робочих поверхнях вибраковують.

Ролики із зношеними торцевими поверхнями шліфують, а під час складання застосовують упорні шайби збільшеної товщини.

Маточини напрямних коліс виготовляють із сірого чавуну. Деталі з тріщинами і зломами замінюють новими. Зношені нарізні отвору розсвердлюють і нарізають у них нарізь збільшеного розміру. Посадочні місця під підшипники і отвори під обойму сальника відновлюють установленням втулок.

Тріщини у дисках коліс тракторів заварюють. Зварні шви зачищають. Зігнуті диски правлять. Ослаблені заклепки зрубують, отвори розвірчують і встановлюють заклепки збільшеного розміру.

Несправності підвіски автомобілів – це ослаблення кріплень вузлів і деталей, стрем'янок, ресор, погіршення працездатності амортизаторів, виникнення підтікань рідини з амортизаторів знос і корозія листів ресор.

Під час розбирання амортизатор кріплять у тисках за нижню кришку. Гайку резервуара відкручують спеціальним ключем за витягнутого до краю штоку амортизатора. За допомогою викрутки піднімають обойму сальника разом із сальником штока на 30–40 мм і за допомогою металевого дротика із загостреним кінцем, виймають сальник гайки резервуара із гнізда напрямної штока. Клапан стискування випресовують з циліндра з використанням дерев'яної оправки.



Перед складанням корпус амортизатора перевіряють на герметичність стисненням повітрям під тиском 0,3 МПа у ванні з водою. Під час складання всі деталі амортизатора змащують веретенним мастилом АУ.

Залежно від дефекту ресорні листи відновлюють або замінюють новими.

Основні дефекти ресор: зменшення стріли прогину через втрату пружності; тріщини і поломка окремих листів; знос отворів під втулки, торців вушок і листів за товщиною.

Листи, які втратили нормальну форму і пружність, відпалюють і вигинають за шаблоном. Після цього їх гартують і відпускають до необхідної твердості.

У випадку зносу отворів під втулки підгинають вушки. Незначне порушення форми листів усувають наклепуванням у холодному стані ударами молотка з боку ввігнутої поверхні листа. Листи з тріщинами замінюють новими.

Перед складанням листи зачищають, промивають і змащують графітним мастилом.

Складені ресори випробовують на стенді для перевірки стріли прогину або відстані, на яку вона подовжується за прогину.

Від певного навантаження стріла прогину має дорівнювати нулю, а після знімання навантаження – мати початкове значення у вільному стані.

У кулачків шарнірів передніх ведучих мостів зношуються бігові доріжки кульок, шліци та інші поверхні.

Бігові доріжки відновлюють так. Нагрівають головку кулака у печі до температури 550-600°C і наплавляють за допомогою газового пальника дротом сормайтю № 2 діаметром 2-3 мм. Товщина наплавленого шару 2,5-3 мм. Після наплавлення головку нагрівають до температури 800-820°C і гартують у мастилі на довжині 60 мм. Потім шарнір відпускають, нагрівши його до температури 400-500°C (HRC 58-65), і шліфують.

Складений шарнір має повертатися на кут 10-15°C від прямолінійного положення після прикладання зусилля 150 Н на плечі 450 мм.

У гальмових барабанах зношується їх внутрішня поверхня, тому її проточують до ремонтного розміру за допомогою спеціального пристрою на токарному верстаті (рис. 11). Барабани розточують за зносу поверхні понад 0,6 мм і вибраковують за збільшення

діаметру на 4-6 мм. Барабани з тріщинами і обломами вибраковуюють.

Маточини передніх і задніх коліс можуть мати зноси гнізда під підшипники і нарізні отвори під шпильки заднього колеса.

Гнізда під підшипники відновлюють наплавленням або запресуванням втулки (натяг 0,05-0,15 мм) з подальшою механічною обробкою під номінальний розмір.

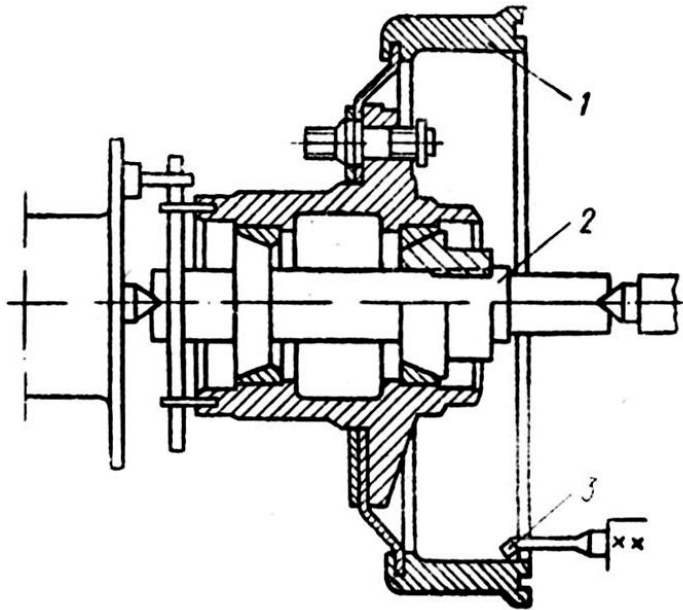


Рис. 11 – Розточування гальмового барабана на токарному верстаті:

- 1 – барабан;
- 2 – оправка пристрою;
- 3 – різець

Зношену різьбу в отворах під шпильки кріплення фланця піввісі заднього колеса перерізають на різьбу ремонтного розміру або встановлюють такі що вкручуються.

У дисках коліс зношуються конусні отвори. Їх роззенковують і приварюють конусні шайби (втулки).

Вм'ятини і згини дисків усувають правленням у холодному стані або після нагрівання пошкодженого місця полум'ям газового пальника.

Зігнутість піввісей усувають правленням, а зношені шліци відновлюють наплавленням поздовжніми швами. Після цього шліци фрезерують з подальшим гартуванням СВЧ за температури 1123-1173°C і охолодженням у маслі. Відпускання виконують за температури 848-873°C з подальшим охолодженням на повітрі.

Після ремонту перевіряють схід передніх коліс за допомогою спеціального пристрою, який дорівнює: для ГАЗ-53А – 0-3 мм, для ЗИЛ-130 – 2-5 мм, для КамАЗ – 1-3 мм.

Після встановлення і регулювання рульове керування вважається справним, якщо сумарний люфт у вантажних автомобілів не перевищує  $25^{\circ}$ .

Сумарний люфт у рульовому керуванні перевіряють спеціальним динамометром. Зусилля на рукоятці динамометра для вантажних автомобілів знаходиться у межах 7,5-12,5 Н. У автомобілів з гідропідсилювачем приводу рульового керування сумарний люфт перевіряють під час роботи двигуна. У випадку збільшеного люфту виявляють, який вузол його викликає, послідовно перевіряючи шарніри рульових тяг і механізму рульового керування. У регульованих шарнірах поздовжніх тяг для регулювання пробку затягують до упору, а потім відпускають до першого можливого положення для шплінтування, але не більше  $1/4$  оберту і шплінтують.

## Лекція № 13

### Ремонт сільськогосподарських машин, комбайнів і знарядь.

#### Характерні дефекти деталей робочих органів ґрунтообробних та посівних машин і їх ремонт.

Комбайни, сільськогосподарські машини та знаряддя, особливо їх робочі органи, працюють в умовах безпосереднього контакту з оброблюваним середовищем і за великої запиленості. Поверхні робочих органів машин зношуються від впливу різних фізичних і хімічних факторів. Інтенсивніше проходить електрохімічний знос. Це особливо характерно для машин із внесення добрив і пестицидів. Деталі сільськогосподарських машин часто деформуються від великих навантажень, в робочі органи іноді потрапляють тверді предмети, що призводить до поломок. Ці фактори викликають великі зноси, що у свою чергу потребує широкого використання зварювання і наплавлення.

Ремонт плугів. Лемеша вітчизняних плугів виготовляються з середньо- і високовуглецевих сталей, твердість яких в загартованому стані складає HRC 55-62 (сталі 40Г, 45, 65М, 70М, Л53, Л65, 65Г).

Інтенсивність зносу лемеша (рис. 1) залежить від щільності ґрунту, кількості і виду абразивних частинок, що знаходяться в ґрунті, механічних властивостей, зрізаних рослин, матеріалу леза, наробітку. У лемешів під час роботи зношуються шліцьовий бік, носок і лезо та виникають інші дефекти (Табл. 1).

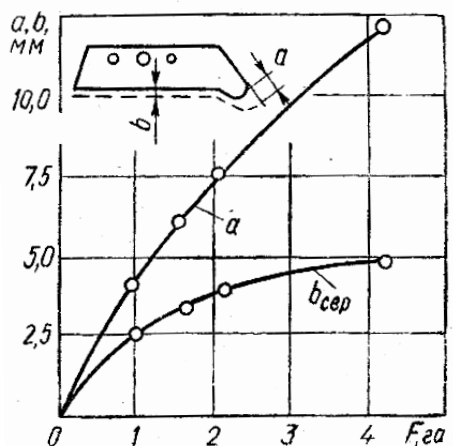


Рис. 1 – Графік інтенсивності зношування лемешів на важких ґрунтах:

- $a$  – знос носка;
- $b$  – знос прямолінійної частини леза (середньої);
- $F$  – наробіток, га

Лезо, в разі затуплення заточують із робочого боку до товщини 1-1,5 мм за ширини фаски 5-7 мм і куті заточування 25-40°.

Основними напрямками з підвищення довговічності і зносостійкості лемешів є:

- термічне оброблення лемеша гарячим вальцюванням;
- зміцнення леза методом наплавлення твердих матеріалів;
- застосування біметалічних матеріалів.

**Таблиця 1 – Дефекти лемеша**

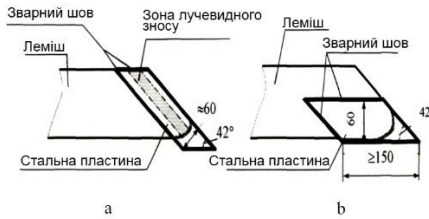
Найменування дефекту	Коефіцієнт повторюваності
Тріщини	0,02
Затуплення леза	0,03
Облом, вигини, скручування	0,05
Знос по ширині	0,06
Наскрізне протирання в області, що при- микає до польового обрізу	0,12
Знос по товщині не більше 6 мм	0,15
Знос носка	0,30
Утворення потиличної фаски	0,50
Утворення стрілоподібного зносу	0,84

Основні способи відновлення лемешів та схеми технології їх відновлення наведені відповідно на рис. 2 та 3.

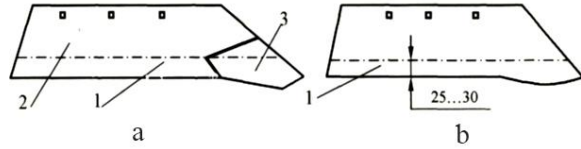


Рис. 2 – Методи усунення дефектів плужних лемешів

## Схема приварювання додаткових елементів



## Технологія відновлення лемеші на-рощуванням поверхні

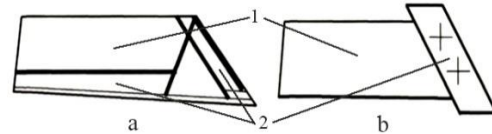


а) приварювання накладки з подальшою зміцнюючою наплавленням; б) відтяжка з подальшою зміцнюючою наплавленням: 1 – наплавлений шар; 2 – леміш; 3 – накладка носка лемеша

## Варіанти відновлення плужних лемешів ремонтними вставками



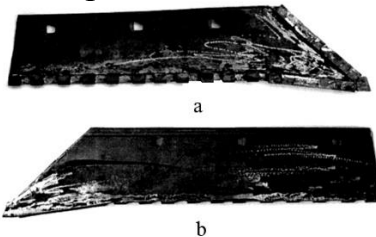
а) за технологією ГОСНИТИ;  
б) за технологією ЧИМЭСХ



а) за технологією ЦОКТЬ ГОСНИТИ;  
б) за технологією МГАУ ім. В. П. Горячікіна

1 – леміш; 2 – вставка

## Леміш відновлений і зміцнення припаювання металокерамічних пластин



а) лицьова сторона лемеша;  
б) тильна сторона

## Леміш після заплавлення променеве подібного зносу з подальшим армуванням

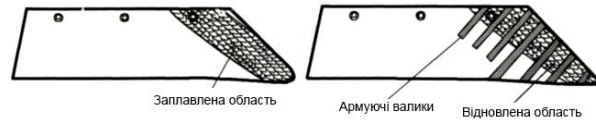


Рис. 3 – Технології відновлення лемешів

Після зносу до ширини менше 108 мм (перевіряють шаблоном) леміш відновлюють відтягуванням до нормального профілю з відхиленням по ширині не більше 5 мм, а довжиною – не більше 10 мм, за рахунок металу тильного боку (магазину). Відтягування можна виконувати не більше чотирьох разів. Для цього, леміш нагрівають у печах або на ковальському горні до температури 900-1200° по всій довжині і відтягують на пневматичному молоті. Поверхня відтягнутого лемеша має бути рівною, без тріщин. Відхилення його спинки від площинності допускається не більше 2 мм, випуклість

робочої поверхні леза – до 4 мм.

Після відтягування леміш заточують із лицьового боку, потім нагрівають до 700-820°C і гартують по всій довжині на ширину 20-45 мм у солоній воді за температури 40°C протягом 6 с з боку леза до твердості 444-650 НВ. Потім відпускають за нагрівання до 350°C з охолодженням на повітрі. Ефективніше, ізотермічне гартування, коли леміш нагрівають до 880-920°C і охолоджують лезо до 350°C протягом 3,0-3,5 с у підігрій до 40°C 10%-ній солоній воді. Після цього, його охолоджують на повітрі.

Для підвищення стійкості проти зношування лезо лемеша роблять самозаточувальним (рис. 4), наплавляючи його тильний бік твердим сплавом. Слід звернути увагу на те, що наплавлення твердих сплавів на лезо лемеша припускає збереження різальних властивостей за рахунок створення умов самозаточування. Це явище, для певних умов роботи заданого профілю леза лемеша, можливо тільки в певному стані твердості шарів. У лемеша плуга це співвідношення лежить у межах  $HV_1/HV_2=2,6-2,9$ ; у випадку, якщо співвідношення твердості менше оптимального значення, відбувається

затуплення леза. Коли співвідношення твердості більше оптимального значення, відбувається надмірне загострення леза, як результати – зменшується кут заточування, що призводить до обломлення кінчика леза. Твердість наплавлених твердих сплавів звичайно знаходиться в межах HRC50-66, а ресурс наплавленого лемеша в 1,3-3,0 рази більше виготовлених без зміцнюючого наплавлення.

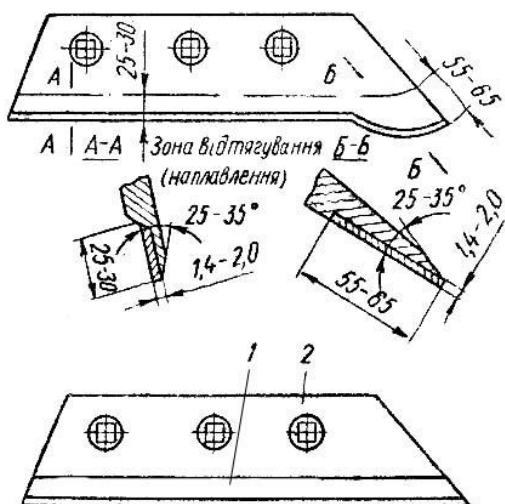


Рис. 4 – Самозаточувальний леміш: 1 – смуга; 2 – спинка

Перед наплавленням у лемеша відтягують смугу завширшки 25-30 мм з боку леза і ділянку завширшки 55-65 мм біля носка долотоподібного лемеша. Товщина шару наплавлення має бути 1,4-2,0 мм.

Найбільшого розповсюдження набули методи наплавлення

твердих сплавів:

- газове наплавлення литими прутками ПР-С1 (тип металу, що наплавляється У30Х28Н4С3), ПР-С2 (У20Х12Н2), ПР-С27 (У45Х28Н2ВМ) та сплавів типу «Сормайт»;
- дугове наплавлення електродами НЦ-29, Т-590, Т-620, ЕН-ИТС-01;
- наплавлення порошковими проволоками ПП-АН-105, ПП-АН-123, ПП-АН-125, ПП-АН-135, ПП-АН-192, ПП-АН-198 і порошковою стрічкою ЛС-У10Х7ГР;
- точкове наплавлення порошковим дротом ПП-Нп-80Х20Р35-Н-С-3,2;
- наплавлення наморожуванням сплаву ФБХ-6-2;
- індукційне наплавлення сплавів типу «Сормайт», ПГ-С-ВУС-25, ФБХ-6-2;
- плазмове наплавлення сплаву ФБХ-6-2.

Товщину напавленого шару перевіряють шаблоном. Лезо вирівнюють на заточувальному верстаті і заточують з лицьового боку під кутом 25-35°.

У разі зносу до ширини менше 92 мм леміш відновлюють приварюванням смуги. Для цього попередньо готують смуги відповідних розмірів з вибраканих лемешів. їх можна приварювати ковальським способом, газовим або електродуговим зварюванням. За ковальського зварювання, леміш і смугу з'єднують внапусток з перекриттям 30-40 мм. Леміш і смуга в зоні перекриття повинні мати випуклі поверхні. Після нагрівання до 1100-1200°C на леміш і смугу насипають чистий річний пісок, який використовують як флюс і зварюють ковальським способом. Внаслідок випуклості поверхонь з'єднаних частин шлак, що утворюється, легко витискається із зон перекриття. Смугу до лемеша починають приварювати із середньої частини.

Газовим або електродуговим зварюванням смугу приварюють звичайним способом, після зняття на з'єднаних деталях фасок під кутом 45°.

Останніми роками в нашій країні і за кордоном для підвищення зносостійкості лемешів плугів стали застосовувати кераміку. При цьому застосування кераміки, як зносостійкого матеріалу стримувалося зазвичай вартістю пластин і недоліками методів кріплення їх на поверхні лемеша. Сьогодні ставлення до кераміки дещо



змінювалося через розробку нових зносостійких матеріалів з високими фізико – механічними властивостями і низькими вартісними характеристиками, що привело до широкого застосування таких конструкційних керамічних матеріалів: карбідів і нітридів бору, карбідів вольфраму, карбідів і нітридів кремнію, діоксиду цирконію і оксиду алюмінію.

Методи кріплення керамічних пластин на поверхні лемеша розвивалися в двох напрямках – клейові з'єднання і паяння.

Зміцнення лемешів здійснювалося за технологією склеювання в системі оксид алюмінію – сталь високоміцними клеями. При цьому приклеювалася корундова кераміка на основі матеріалу НТК (низькотемпературна кераміка, шихта якої складається з промислового глинозему марки ГН-1 і високодисперсної добавки титана марганцю). Розміри приклеєних керамічних пластин 35x25x2,5 мм. Випробування лемешів із приклеєними пластинами проводилися на суглинних, суглинно-супіщаних і чорноземних ґрунтах, порівнянно з серійними лемешами виготовленими за традиційною технологією. Як результат встановлено, що зносостійкість випробовуваних лемешів з приклеєними керамічними пластинами в 3-5 разів вища, ніж у серійних за однакових показників якості виконання технологічного процесу і енергетичних показників. Крім того, проводилися експерименти з підвищення зносостійкості робочих органів плуга нанесенням клейової композиції на основі клею ВК-36 і порошку електрокорунду.

Паяння металокерамічних пластин на леміш дозволяє значно підвищити міцність з'єднання «металокераміка-леміш» порівнянно з клейовими з'єднаннями. Випробування лемешів з напаяними металокерамічними пластинами із сплаву ВК-8 показали, що їх зносостійкість на середньосуглинних ґрунтах у 4,6-5,0 разів вище, ніж у серійних.

Незалежно від вищеперерахованих способів зміцнення лемеша плуга, сьогодні проводяться роботи із зміни конфігурації і геометричних розмірів лемеша.

На більшості плугів провідних західних фірм застосовують збірні лемеші, які складаються із змінного вістря (так званого “долота”) і власне лемеша. Долото може накривати леміш (накладне долото) або встановлюватися поряд з лемешем, в одній площині з ним. Товщина такого долота і його міцність вищі, ніж у носка ле-

меша. За даними зарубіжних спостережень до повного зносу лемеша використовується в середньому 2-3 змінних долота. Як показує досвід, долото необхідне на кам'янистих ґрунтах.

У відвалів найінтенсивніше зношуються груди і польовий обріз. Форму зношеної робочої поверхні відвала перевіряють шаблоном. Допустиме відхилення від шаблона – не більше 6 мм.

Зношений польовий обріз відвала наплавляють послідовним накладанням валиків електродами Т-590 або сплавом сормайт № 1 і заточують під кутом 45-50° до робочої поверхні.

У випадку сильного зносу носка, зношену частину видаляють і замість неї приварюють заготовку відповідної форми, виготовлену із старого відвала за шаблоном, підганяючи її в місці стику. Аналогічно діють у випадку обламування носка. Перед приварюванням заготовку термічно обробляють до твердості НРС 50-62. Для відведення тепла під час зварювання ділянки поряд зі швом обмазують розчином глини з азбестом, під шов ставлять підкладку із червоної міді завтовшки 5 мм, а під підкладку – ганчірку, змочену водою. Після приварювання шов зачищають.

Польові дошки в зазвичай зношуються з боку, поверненого до стінки борозни. Зношені польові дошки використовують для подальшої роботи, перевертаючи їх на 180°. При цьому нові квадратні отвори пробивають у нагрітій деталі квадратним пробійником після попередньої розмітки, свердління і зенкування. Потім польову дошку піддають термообробці. Польові дошки з невеликим зносом наплавляють сормайтом № 1 і заточують.

У робочому положенні у правильно складеному плузі леза лемешів, кінці польових дошок, п'ятка задньої польової дошки, борозне і заднє колеса мають лежати в одній площині. Відхилення від паралельності польових обрізів відвалів і лемешів допускаються тільки у бік борозни, але не більше 10 мм. Носки і п'ятки корпусів мають лежати на одній прямій з відхиленням не більше  $\pm 5$  мм. Відстань між внутрішньою кромкою борозного колеса і п'яткою лемеша першого корпусу допускається  $50 \pm 5$  мм. Площина диска заднього колеса повинна мати нахил 6-10° від вертикалі у бік зораного поля. Просвіт між п'яткою лемеша або заднім обрізом польової дошки і площиною контрольної плити допускається до 10мм. Розміщення носка лемеша вище п'ятки або польової дошки не допускається. Відвал і леміш мають щільно прилягати один до одного, а леміш – виступати над поверхнею відвала у місці стику не більш як

на 1 мм. Зміщення заднього колеса від прямої, що проходить через польову кромку лемеша останнього корпусу, допускається не більше 5 мм.

**Ремонт борін.** Зношені і зігнуті зуби борін відтягують і правлять із нагріванням ковальським способом за різниці у їх довжині не більше 10 мм. Робочу частину зуба гартують, нагріваючи до 820-840 °С, і охолоджують у теплій воді за температури 30-35°С. Під час складання борони, зуби встановлюють ребром за ходом, а зуби із смугової сталі - вузькою гранню за ходом.

Основними дефектами дисків борін є утворення тріщин біля квадратних отворів, знос останніх і затуплення лез. Затуплені диски борін заточують на установці для заточування дискових ножів, на

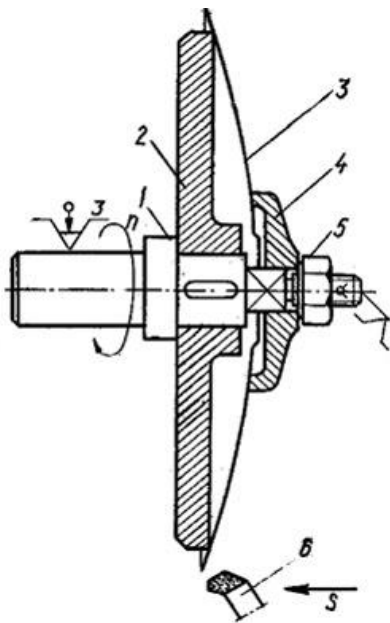


Рис. 5 – Схема проточування затупленого леза диску:

- 1 – оправка; 2 – планшайба;
- 3 – диск; 4 – шайба;
- 5 – гайка; 6 – різець.

пристрої до абразивно-шліфувального верстату або проточують різцем на токарному верстаті. Проточують диски з вигнутого боку різцем з пластинкою із твердого сплаву Т15К6, створюючи кут заточування 37° за товщини леза диска 0,3-0,5 мм (рис. 5).

Крім того, після заточування леза різальної кромки диска, її можна зміцнити центробіжно-ударною обробкою ротаційною головкою (рис. 6).

Тріщини біля квадратного отвору заварюють електрозварюванням з подальшою обробкою.

У разі зносу квадратних отворів до диска приварюють накладку з квадратним отвором, виготовлену ковальським способом із вибракуваного диска. Під час

зварювання на диск накладають мокрий азбест або розчин глини, щоб не порушити термообробку. Для зменшення зносу отворів і зминання граней валів на кожну батарею дискової борони ставлять компенсуючу, пружну шайбу.

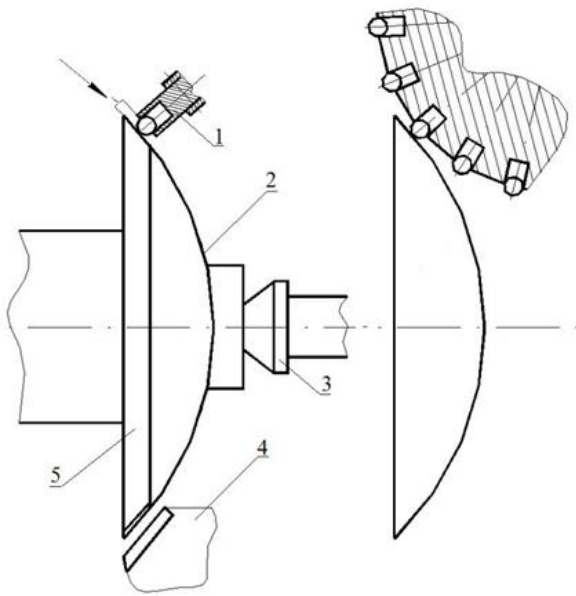


Рис.6 – Схема обробки різальної кромки диска: 1 – ротаційна головка; 2 – диск борони; 3 – віджимний центр; 4 – різець, 5 – оправка

У складеному підшипниковому комплекті батареї втулка має прокручуватися важелем завдовжки 330 мм і зусиллям не більше 40 Н. Осьовий зазор у підшипниках допускається не більше 0,5 мм. У складеному дисковому знарядді, під час перевірки на контрольній плиті, просвіт дисків та їх осьове биття за діаметром допускається не більше 4 мм. Чистики встановлюють на відстані 2-4 мм від дисків.

**Ремонт культиваторів.** Основні можливі дефекти культиваторів – це затуплення лез робочих органів (стрілчастих лап, підгортців тощо); спрацювання втулок, осей коліс, сальників, нарізі на деталях, деталей механізмів підймання робочих органів і керування колесами, з'єднувального шарніра; перекіс і скручування деталей рами, грядилів.

Більшість робочих органів культиваторів (крім розпушувальних лап) - самозаточувальні, наплавлені твердими сплавами з тильного боку. Вони відновленню не підлягають. Розпушувальні лапи заточують згори до товщини різальних кромки не більше 1 мм. Стрілчасті лапи відновлюють установленням змінних лез на потайних заклепках або приварюванням накладки на носок (рис. 7,а). Після встановлення змінних лез, лапу нагрівають до 820°C і загартовують у воді. Лапи із сталі 70Г загартовують у маслі. Накладку (рис. 7,б) виготовляють із вибракуваних сегментів жниварок і косарок або з дисків сошників сівалок. Після приварювання на виступаючу частину накладки з тильного боку наплавляють газовим зварюванням шар сормаїту № 1 товщиною 0,7-1 мм, потім зачищають напиви і заточують лезо.

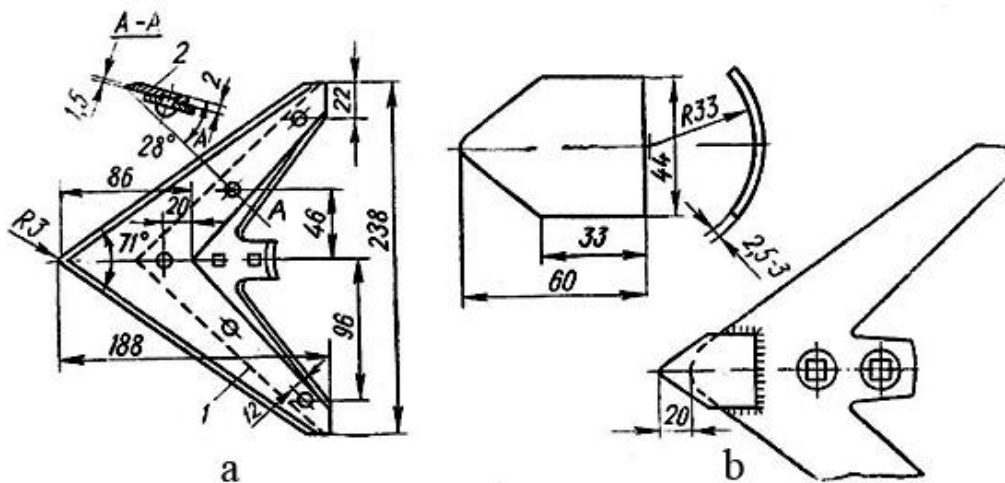


Рис. 7 – Відновлення лап культиватора: а – встановленням змінних лез; 1 – вирівняне лезо; 2 – лезо-накладка; б – приварюванням накладки на носок

Стояки лап, за відхилення від площинності, правлять у нагрітому стані. Потайні головки кріплення лап до стояків мають заглиблюватися на 1 мм. Стояки кріплять так, щоб носки лап, під час перевірки на плиті, мали зазор не більше 1 мм, а кромки леза – 3 мм. Носок стрілкової лапи може бути зменшений від вертикальної осі симетрії гряділя на  $\pm 3$  мм.

Ремонт сівалок. До основних дефектів катушкових висівних апаратів належать: знос накладки, розетки і боковини, прогин валу, викришування рифів (ребер) катушок.

Зношену поверхню накладки наплавляють у середовищі вуглекислого газу до товщини 1,2-1,5 мм і калібрують. Якщо знос накладки перевищує допустимий, то із листового металу товщиною 1,2 мм і завтовшки 80 мм вирізають заготовку і за допомогою штампку виготовляють нову накладку. Так само відновлюють розетку і боковину апарата за їх товщини не менше 1 мм або виготовляють їх штампуванням із листової сталі завтовшки 2-3 мм. Після відновлення зношених поверхонь складають боковину. Для цього встановлюють три заклепки в отвір боковини, ставлять накладку отворами на заклепки і розклепують. Прогин валу усувають холодним правленням на плиті. У разі викришування ребер катушку замінюють новою.

У корпусі може бути знос або зрив нарізи, тріщини. Нарізи калібрують або заварюють і нарізають нарізи номінального розміру.

Тріщини заклеюють клеями на основі полімерних матеріалів або заварюють відомими способами.

Дискові сошники зношуються за діаметром, затуплюються і деформуються. Зношуються деталі з'єднання диск – вкладиш або підшипники, а також диск і гумовий ущільнювач. Знос дисків за діаметром і збільшення зазорів у підшипниковому вузлу призводить до утворення зазору у точці сходження дисків, який має не перевищувати 2 мм у момент прикладання зусилля стискання з протилежного боку. Перевищення зазору призводить до поверхневого загорання насіння.

Під час ремонту сошники дефектують складеними. У випадку короблення понад 3 мм і зазору понад 2 мм у точці сходження дисків сошник розбирають.

Диски рихтують у холодному стані або ударами молотка на плиті чи установці, притискаючи їх до роликів або термофіксацією. В останньому випадку їх складають у пакет між двома паралельними плитами, навантажують і ставлять в електропіч, де нагрівають до 450-480 °С і витримують протягом 4-5 год. Потім диски заточують із зовнішнього боку різцем на токарному верстаті (затискають два диски) під кутом 20° до ширини фаски 6-8 мм товщини леза 0,1-0,5 мм. Допускається змінання леза не більше, як у трьох місцях глибиною і довжиною не більше 1,5 мм. Відремонтовані диски можуть бути одного з трьох ремонтних розмірів: перший – діаметром 342±2 мм, другий – 336±2 мм, третій – 328±2 мм.

Згин насіннєнапрячника перевіряють шаблоном, і якщо він перевищує 5 мм, його правлять. У випадку зносу бокових поверхонь очисників більше 5 мм їх вибраковують.

Трубчасті сошники можуть мати затуплення лез, згин крила, лапи і стояка. Затуплені леза заточують. Лапу відтягують або наплавляють стійким проти зносу сплавом, як і лапу культиватора з тильного боку. Згин усувають правленням.

Лезо заточують із лицьового боку до товщини 0,4-0,5 мм за ширини фаски 7 мм. Лапу відновлюють відтягуванням на молоті до ширини леза 15±5 мм на всій довжині. Згин стояка усувають правленням на пристрої, нагріваючи місце згину газовим пальником до температури 800-1000 °С.

Після ремонту трубчасті сошники мають бути без вм'ятин на поверхні лійок. Відхилення кінця нарального від площини симетрії корпусу сошника має не перевищувати 4 мм. Передні і задні повідці

сошників мають вільно повертатися в шарнірах на кут до 45° від горизонталі.

Насіннепроводи можуть мати зминання, розтягнуті і поламані витки, їх правлять на конусній сталій оправці дерев'яним молотком. Розтягнуті насіннепроводи стискають до нормальної довжини, фіксують за допомогою дротяних гаків, нагрівають до 850 °С, потім у вертикальному положенні занурюють на 1-2 с у воду, підігріту до 50 °С, і виконують самовідпускання охолодженням на повітрі до 200-300 °С і далі у воді. Під час розтягування насіннепроводів зусиллям до 40 Н не має бути залишкової деформації витків.

До несправностей гумових гофрованих насіннепроводів належать розриви і розшарування трубки. У цьому випадку їх замінюють.

Для перевірки якості насіннепроводу його скручують на 360° і згинають навпіл. Справний насіннепровід після знімання навантаження повинен повернутися у початкове положення без слідів деформації.

Мундштуки насіннепроводів з розривами вибраковують і виготовляють нові із листового заліза товщиною 1 мм.

### **Ремонт зернозбиральних комбайнів.**

Відповідно до чинної нормативно-технічної документації капітальному ремонту підлягають зернозбиральні комбайни і їх складові частини, які відпрацювали доремонтний ресурс не менше 1500 мотогодин (1100 фіз. га) або міжремонтний ресурс не менше 1200 мотогодин (900 фіз. га) і досягли граничного стану. Складові частини комбайна, які не потребують капітального ремонту, діагностують, не знеособлюючи їх. Під час виконання ремонту складові частини і складальні одиниці, які ремонтують, знімають з комбайна лише у тому випадку, коли їх ремонт без цього неможливий або ускладнений.

Ремонт різального апарата виконують за наявності таких основних дефектів: обрив, згин і скручування смуги, знос і поломка сегментів ножа, сфери, притискачів, протирізальних пластин, деформація або злом пальців.

У разі обриву спинки ножа на заклепках її зварюють електрозварюванням за допомогою кондуктора з подальшим зачищенням шва врівень з основним металом. Сегменти із зношеною різальною

кромкою на довжині понад 5 мм замінюють новими. При цьому видаляють заклепки, правлять спинку ножа і приклепують нові сегменти. Послаблені заклепки кріплення сегментів осаджують. На підприємствах або ділянках при цьому використовують спеціальні стенди.

Спинку ножа вибраковуюють у разі повторного обриву і зношування за шириною більше допустимого розміру. Напряму голівку ножа у разі зносу паза за шириною ремонтують заміною прокладок. Притискачі із зношеною робочою кромкою за товщиною замінюють новими. Деформовані пальці різального апарата правлять у спеціальних пристроях.

Під час складання апарата робочі поверхні протирізальних пластин і пальців мають лежати в одній площині. Зазори між сегментами і притискачами мають не перевищувати 0,75 мм. Регулювання виконують рихтуванням притискачів. За крайніх положень ножа сегменти мають розміщуватися симетрично протирізальним пластинам пальців, ніж – вільно пересуватися в пальцьовому брусі від зусилля руки.

Ремонт шнеків жниварок. У процесі експлуатації у шнека жниварки можуть виникнути такі дефекти: згин і обрив витків вздовж зварного шва, прогин труби, радіальне биття осі, згин пальців тощо. Однак, найчастіше шнек виходить із ладу внаслідок зносу або пошкодження центральної труби у зоні розміщення пальчикового механізму, яке виникає через недостатню досконалість його конструкції і порушення правил експлуатації комбайнів, наприклад, неправильне регулювання запобіжної муфти шнека. У цьому випадку центральну трубу замінюють новою, попередньо виготовленою. При цьому спочатку демонтують пальчиковий механізм, відкручують стяжні болти щік підвісок труби пальчикового механізму, дістають трубу з втулками і знімають корпуси підшипників з осями. Далі на обертачі шнеку вирізають дефектну центральну трубу газополуменим різакон, виконують операції з усунення дефектів крайніх труб шнека і гвинтової стрічки (рис. 8,а). Після цього у попередньо виготовлену центральну трубу шнека запресовують крайні труби на спеціальному стенді (рис. 8,б). Виконують електрозварювання стиків і приварюють кінці гвинтової стрічки.

Ремонт мотовила. Основними дефектами мотовила є тріщини зварних швів; деформація і руйнування променів, лопатей, розтя-



жок і граблин; знос і руйнування ексцентрикового механізму, напівпідшипників труб граблин, фрикційних накладок, зубів зірочок і маточин тертя запобіжної муфти.

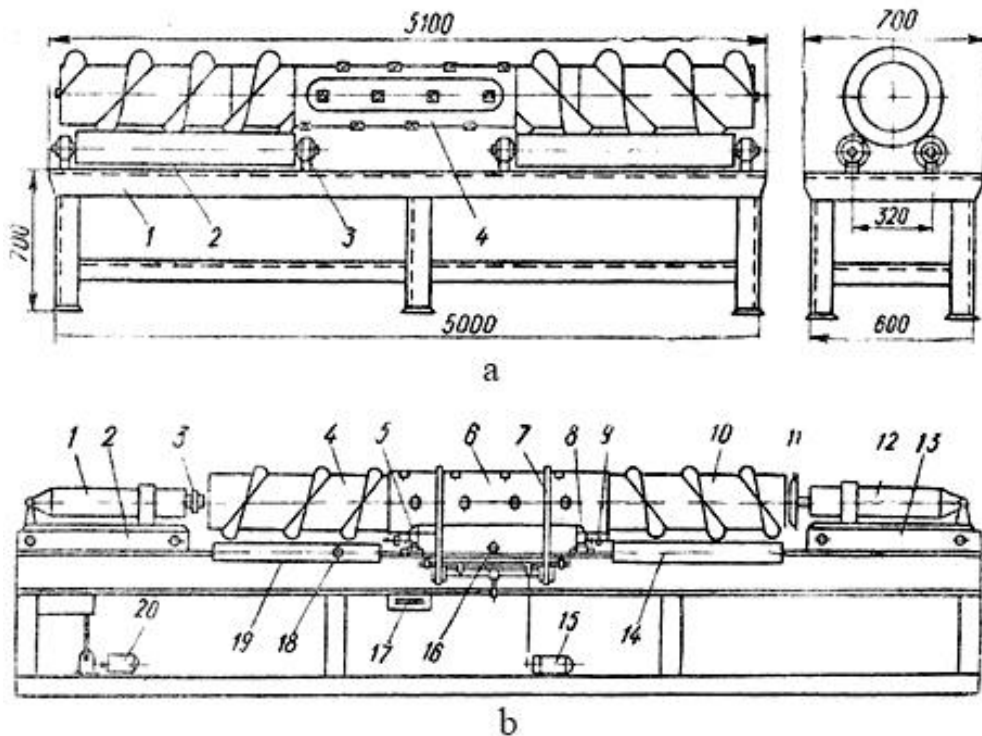


Рис. 8 – Обладнання для відновлення шнеків жниварок зернозбиральних комбайнів: а – обертач шнека жниварки: 1 – рама; 2 – валець; 3 – підшипник; 4 – шнек жниварки; б – схема станда для заpresування крайніх труб шнеків жниварок зернозбиральних комбайнів: 1, 12 – гідроциліндри; 2, 13 – напрямні; 3 – пуансон; 4, 10 – крайні труби шнека; 5, 8 – фіксатори; 6 – центральна труба шнека; 7 – пас, 9 – коток; 11 – диск; 14, 19 – вальці; 15, 20 – електродвигуни; 16, 18 – місця кріплення фіксаторів; 17 – пульт керування

Тріщини і розриви металевих деталей і зварних швів заварюють газовим або електричним зварюванням, попередньо відрихтувавши і виставивши спряжені деталі. Обламані граблини замінюють новими, деформовані пальці і труби граблин правлять. Зношені цапфи наплавляють. У випадку зносу зубів зірочок за товщиною, останню замінюють на нову. Маточину тертя у разі зносу за товщиною теж замінюють на нову. Фрикційні накладки, зношені до товщини менше 2 мм, або з тріщинами і викришуванням замінюють за типовою технологією.

Ремонт похилої камери. Основними дефектами похилої камери є потертості днища, тріщини боковин і зварних швів, перекося каркасу, обрив, деформація напрямних і блока полозів, знос валів і деталей запобіжної муфти, послаблення заклепок кріплення, поломка і згин гребінок транспортера і подовження ланцюга.

Потертості і тріщини днища, боковин і зварних швів відновлюють із застосуванням електродугового і газового зварювання. Деформовані напрямні і блоки полозів правлять, дефектні нижні накладки замінюють на нові. Риски і задирки поверхонь під накладки зчеплення ведучого диску і маточини тертя, у комбайна «Дон», обточують до усунення слідів зносу. Зношені поверхні під підшипники, зірочки, шків, ведучий диск, храповик, а також шпонкові пази наплавляють електродуговим зварюванням у середовищі вуглекислого газу, обточують, шпонкові пази фрезерують і шліфують до розмірів за робочим кресленням. Послаблені заклепки і розтягнуті ланцюги замінюють на нові. Ремонт транспортера похилої, камери виконують на спеціальних стендах (наприклад, для комбайнів «Дон», на стенді ОР-6689). Складену і відрегульовану похилу камеру обкачують протягом 5 хв за чистоти обертання верхнього валу  $500 \pm 10 \text{ хв}^{-1}$ .

Ремонт молотильного барабана. Молотильний барабан може мати такі дефекти: знос рифів бил, згин валу, тріщини дисків, дисбаланс.

Била з рифами, зношеними до висоти менше 5 мм, вибраковують, замінюючи попарно діаметрально протилежні. При цьому маса нового била має не перевищувати масу знятого більш як на 10 г. Маса бил у парі має бути однаковою.

Тріщини у крайніх дисках заварюють із зовнішнього боку, а з внутрішнього ставлять підсилюючі диски товщиною 4-6 мм, приварюючи їх за зовнішнім діаметром переривчастим швом до основного диска, а до маточини – суцільним швом із внутрішнього боку барабана. Внутрішні диски з тріщинами вибраковують.

Під час заміни бил контролюють їх радіальне биття у трьох місцях за довжиною била. Воно має не перевищувати 1 мм. Для усунення биття під більш тонке било ставлять прокладки загальною товщиною не більше 1 мм. Зміщення кінців била по колу (на крайніх дисках) не повинно перевищувати 10 мм.

В осьовому напрямку відхилення бил відносно площини торців підбил має бути не більше 2 мм. Згин підбила допускається до

2 мм. Биття валу барабана понад 0,3 мм усувають правлінням. Після ремонту барабани балансують статично або динамічно.

Балансування барабану. За статичного та динамічного балансування дисбаланс усувають встановленням додаткових шайб та пластин під гайки кріплення біла з більш легкого боку барабана. Шайби та пластини розміщують рівномірно за довжиною біла або симетрично торцям барабана.

Барабан вважається статично відбалансованим, якщо під час обертання його на кілька обертів і самостійної зупинки (повторюваність не менше трьох разів) кожного разу одне і те саме положення займають різні біла. При цьому вантаж масою 30-35 г, закріплений на білі, має виводити барабан з рівноваги.

Динамічне балансування проводять за допомогою приладу ДБ-2К, принцип дії якого полягає в перетворенні датчиком вібрації механічних коливань, викликаних дисбалансом молотильного барабана зернозбирального комбайну, у пропорційний їм електричний сигнал, який надходить у прилад ДБ-2К (рис. 9).



Рис. 9 – Розташування приладу ДБ-2К та електродвигуна під час балансування

В електронному блоці сигнал від датчика вібрації підсилюється, фільтрується, випрямляється й надходить на стрілочний прилад віброшвидкості. Підсилений сигнал датчика надходить також

на схему порівняння, яка визначає момент проходження “легкого місця” на маховику молотильного барабана повз датчик вібрації і запускає формувач імпульсного струму, який надходить до стробоскопу. Стробоскоп підсвічує “легке місце” на маховику молотильного барабана під час кожного його проходження повз нижню точку маховика. У разі перевищення норми віброшвидкості під підсвічений стробоскопом бич прикручують зрівноважувальну пластину у відведене для неї місце в площині вимірювань і повторюють вимірювання віброшвидкості.

Закріпленим на комбайні електродвигуном надаються оберти молотильного барабану ( $750 \text{ хв}^{-1}$ ). Лівий датчик гайкою кріпиться до нижньої шпильки кріплення корпусу підшипника молотильного барабана з лівого боку комбайна. Правий датчик – до нижньої шпильки кріплення корпусу підшипника МБ з правого боку комбайна.

Вимірювання віброшвидкості спочатку проводять з лівого боку молотильного барабана, а потім – з правого. Отримані дані порівнюють з нормативними. Норма віброшвидкості для відбалансованого барабана має бути  $1,0 \pm 0,5 \text{ мм/с}$ . У разі перевищення норми зупиняють електродвигун і під бич, який підсвітив стробоскоп в площині дисбалансу, підкладають балансувальну пластину і повторюють наведені вище операції до повного усунення дисбалансу. Пластина завтовшки 1 мм зменшує віброшвидкість на 1 мм/с.

Ремонт підбарабання. Під час експлуатації комбайнів спостерігаються такі дефекти підбарабання: деформація і обрив поверхневих прутків, відхилення площинності планок як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямках, спрацювання робочих граней планок.

За згину планок у горизонтальній площині більше 3 мм і вертикальній – більше 1 мм їх правлять на спеціальній півкруглій плиті, застосовуючи спеціальний ключ з двома стояками, який має прорізи розміром, що відповідає товщині планок. Планки із значним згином правлять з попереднім прогріванням. Після вирівнювання планок тріщини і зруйновані зварні шви заварюють електрозварюванням. Планки зі зношеними передніми гранями переставляють на  $180^\circ$  так, щоб задні незношені кромки знаходились спереду. Планки із значним зносом робочих граней наплавляють і обробляють спеціальними різцевими головками у спеціалізованих ремонтних майстернях.

Ремонт соломотрясу. Основними дефектами соломотряса є згин валів, знос шийок валів і підшипників, тріщини корпусу клавіш, поломка кронштейнів, згин граблин і решіток.

Зігнуті колінчасті вали соломотряса правлять на спеціальному пристрої-шаблоні, попередньо підігріваючи деформовані місця. Шийки колінчастих валів соломотряса, спряжені з дерев'яними підшипниками, проточують з подальшим шліфуванням до ремонтного розміру.

У випадку зносу поверхні колінчастого валу під втулки підшипників вал вибраковують. Деформовані корпус, клавіші, гребінки і граблини правлять до відновлення їх початкової форми. Обірвані граблини видаляють з подальшим приварюванням нової граблини, газовим або напівавтоматичним зварюванням у середовищі вуглекислого газу. Тріщини і розриви заварюють газовим зварюванням, на місці потертості кожуха приварюють латки. Дефектні заклепки видаляють, ослаблені – осаджують.

Ремонт механізму очищення. Основними несправностями механізму очищення комбайна є: знос або обрив переднього і бокового ущільнювальних пасів нижнього решітного стану; тріщини, розриви і відривання гребінок; відхилення від площинності бортів стану; розриви і тріщини струшувальної дошки, рами нижнього і верхнього решітного стану та подовжувача грохоту; знос деталей скребкових ланцюгів елеваторів; деформація, розриви, тріщини і знос гвинтових стрічок і кожухів шнеків, лопатей крилатки і кожуха вентилятора; деформація валів шнеків.

Ущільнювальні паси із наскрізними потертостями, розривами і деформаціями замінюють на нові. Гребінки нижнього і верхнього решітних станів і подовжувача із тріщинами і розривами заварюють газовим зварюванням з наступним зачищенням і рихтуванням. Гребінки, які відірвалися від осей, установлюють у положення повного закриття, а потім кожну гребінку приварюють газовим зварюванням до осі у двох точках з неробочого боку.

Борти стана із вм'ятинами понад 4мм рихтують, розриви і тріщини струшувальної дошки, рами нижнього і верхнього решітного стану і подовжувача грохота заварюють газовим зварюванням з неробочого боку, попередньо виправивши пошкоджені ділянки.

Деформовані пластини жорсткості скребків елеваторних ланцюгів рихтують, розшаровані і зношені гумові скребки замінюють

новими, зношені елеваторні ланцюги відправляють на спеціалізовані ремонтні підприємства, де їх ремонтують за загальноприйнятою технологією.

Деформовані корпус, вал і гвинтову стрічку шнека, а також лопаті крила і кожуха вентилятора правлять до надання початкової форми. Тріщини, розриви і пробоїни заварюють з застосуванням газового або напівавтоматичного зварювання у середовищі вуглекислого газу. Крилатку вентилятора статично балансують.

Ремонт бункера і вивантажувального пристрою. Основними дефектами бункера і вивантажувального пристрою є: деформація і тріщини боковин бункера; тріщини зварних швів; деформація гвинтових стрічок і кожухів шнеків; знос гвинтової стрічки за висотою, посадочних місць валів під підшипники, зірочку і вилку, а також шнекових пазів за шириною; радіальне биття цапф, шнеків.

Деформовані поверхні правлять, тріщини заварюють газовим або напівавтоматичним зварюванням у середовищі вуглекислого газу. Пробоїни і розриви ремонтують приварюванням накладок. У випадку значних руйнувань кожухів шнеків зношену частину відрізають, виготовляють із листової декапірованої сталі відповідну накладку і приварюють із перекриттям 30 мм. Деформацію гвинтової стрічки і биття цапф шнеків усувають правленням, у разі зношення гвинтової стрічки за висотою, шнеки бракують. Посадочні місця валів під підшипники, зірочки і вилки, а також шпонкові пази відновлюють за типовими технологіями.

Ремонт обладнання комбайнів для збирання незернової частини врожаю. Комбайни комплектують трьома видами обладнання для збирання незернової частини врожаю – копнувачами, універсальними подрібнювачами або капотами. Найпоширеніші копнувачі. Основними дефектами їх є: тріщини у зварних швах; деформація пальців граблін; знос пальців куліс і підшипників соломонабивача; деформація і злом платформи, боковин, пальців, каркаса, зачепів, заціпок; обрив кронштейнів кріплення пальців. Тріщини у зварних швах і зломи платформи заварюють газовим або напівавтоматичним зварюванням у середовищі вуглекислого газу, за значних розривів платформи приварюють накладки з неробочої поверхні. Деформовані граблини, боковини, платформи, каркаси правлять до відновлення початкової форми із застосуванням місцевого нагрівання. Дерев'яні напівпідшипники із тріщинами і сколюваннями на робочій поверхні замінюють новими. Також замінюють на

нові зношені пальці і куліси. Обірвані упорні шайби колінчастого валу і кронштейни кріплення пальців приварюють електрозварюванням

Ремонт вузлів і деталей гідросистеми і гідропроводу, двигунів, ходової частини, коробок передач, а також електронних засобів автоматизації комбайнів здійснюється за технологіями відповідних типових деталей і вузлів тракторів.

Регулювання і обкатування комбайнів здійснюють після складання. При цьому перевіряють встановлення пасів і ланцюгів відповідно до схем на панелях молотарки, а натяг пасів і ланцюгів – відповідно до норм. Запобіжні муфти регулюють на передачу відповідного крутного моменту.

Перевіряють правильність налагодження і регулювання вузлів комбайна. Всі регульовані параметри мають відповідати технічним умовам та умовам з експлуатації, середньому значенню діапазону регулювання. Визначають правильність встановлення ущільнень і щільність їх прилягання. Після цього перевіряють і змащують всі механізми комбайна відповідно до карти мащення.

Обкатування комбайна після ремонту передбачає послідовне обкатування двигуна, жниварки, молотарки і копнувача, комбайна на ходу на різних швидкостях.

### **Ремонт спеціальних комбайнів.**

До спеціальних комбайнів належать кукурудзо-, кормо-, корене-, картопле- та льонозбиральні комбайни тощо.

Різні комбайни, які використовують у сільському господарстві, мають одностипові деталі і вузли, подібні між собою за ремонтно-технологічними ознаками, наприклад – рами, вали, осі, колеса, підшипники, ланцюгові і пасові передачі, транспортери тощо.

Типові деталі і складальні одиниці мають значні відмінності у конструкції, але виконують подібну роботу, тому і несправності, які зустрічаються в них, мають однорідний характер. Отже, технологія усунення несправностей може бути однаковою.

Ремонт рам. Рама – основний несучий елемент машин, який має такі дефекти: послаблення заклепочних і болтових з'єднань, руйнування зварних швів, знос отворів і посадочних місць, тріщини, обриви, деформація окремих елементів і рами загалом.

Послаблені заклепки підтягують у холодному стані. Якщо,

при цьому, не відновлюється жорсткість з'єднань (під час постукування навколо заклепки прослуховується деренчання), заклепки міняють, відновлюючи форму отворів розвірчуванням під збільшений розмір отвору і заклепки. Технологія ремонту болтових з'єднань аналогічна.

Зруйновані зварні шви, тріщини і розриви усувають зварюванням з попередньою підготовкою зварюваних поверхонь. За потреби у місцях зварювання приварюють додаткові накладки, якщо вони не заважають встановленню інших деталей (рис. 10).

Зношені отвори і посадочні місця під встановлення (кріплення) вузлів ремонтують (відновлюють) наплавленням або приварюванням накладок з подальшою обробкою їх під розміри за робочим кресленням.

Деформація окремих елементів рам викликає розшатування і перекося всій рами, що є причиною зміщення передавальних механізмів і робочих органів машини.

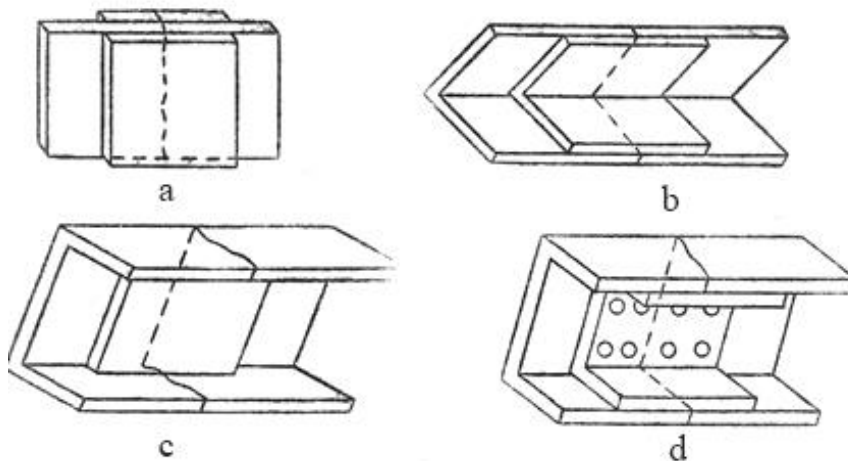


Рис. 10 – Ремонт деталей рами підсилювальними накладками: а, б, с – приварюванням накладок до плоского бруса, кутника і швелера; d – кріплення накладки до швелера заклепками

Незначну деформацію окремих ділянок рам усувають правлінням у холодному стані за допомогою пристрою, наприклад гвинтового (рис. 11). Якщо рама значно деформована, її розбирають, зняті деталі (якщо дозволяють габарити) правлять на пресі або за допомогою пристроїв, заварюють тріщини, посилюючи їх накладками.

У випадку руйнування зварних швів зрубують наплавлений шар і це місце знову зварюють, зміцнюючи шви наклепуванням



вздовж них від середини до країв. Кожний наступний удар при цьому має перекривати попередній на  $1/2-2/3$  його розміру.

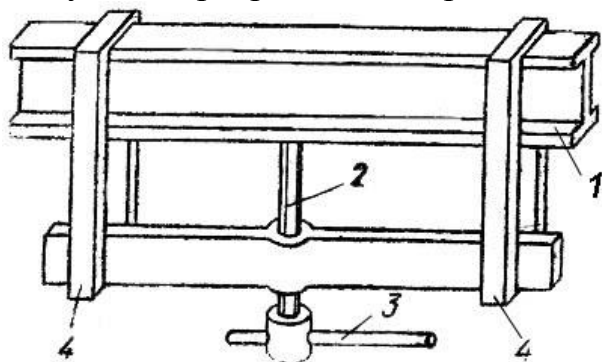


Рис. 11 – Гвинтовий пристрій для правки рам:

- 1 – брус;
- 2 – гвинт;
- 3 – вороток;
- 4 – скоби

**Ремонт ланцюгів.** Ланцюгові передачі комбайнів різні за конструкцією, але мають один дефект – знос ланок, за якого збільшується крок і ланцюг подовжується, що порушує нормальне зачеплення із зубами зірочок.

Роликові ланцюги із граничним збільшенням середнього кроку ланцюгів до 3 % можуть експлуатуватися у ланцюгових контурах з розміром кроку 15,875; 19,05; 25,4 і 38, де граничне збільшення середнього кроку допускається до 5 %. Для визначення середнього кроку застосовують штангенциркуль.

У випадку збільшення кроку понад допустимий – ланцюг ремонтують на спеціалізованих ділянках. Для відновлення нормальних розмірів пластин і роликів застосовують нагрівання з подальшим обтисканням і обробкою під розміри за робочим кресленням. Валики, як правило, вибраковують.

Гакові ланцюги вибраковують за товщини гака менше 3,5 мм і ширини його зеву понад 5,5 мм. Під час ремонту ланцюга можуть установлюватися ланки зі зносом менше допустимого і які належать до однієї групи (з однаковим зносом цапф). Для відновлення кроку ланцюга обтискають гаки ланок. Відновлені таким чином ланцюги мають меншу міцність і використовуються на менш навантажених контурах машини.

Комбіновані ланцюги за зносу робочої частини штампованої ланки до товщини менше 2 мм і литої ланки до розміру менше 4мм вибраковують. Якщо вказані поверхні не досягли граничних розмірів, а подовження ланцюга більше допустимого, ланцюг ремонтують. Литі ланки, під час складання встановлюють у ланцюг, повертаючи їх на  $90^\circ$  від початкового положення, що дає можливість збі-

льшити строк служби ланцюга. Штамповані ланки, під час складання ланцюга, обтискають у спеціальному пристрої, звертаючи увагу на місце перегину штампованої ланки, оскільки у цьому місці можуть виникнути тріщини. Ланки з тріщинами вибраковуюють. Після ремонту ланцюги обкатують на спеціальному стенді.

**Ремонт транспортерів.** Транспортери, які застосовують у спеціальних комбайнах, переміщують качани кукурудзи, картоплю, корми тощо. Вони працюють у різних умовах і різняться між собою матеріалом, конструкцією і розмірами.

Полотняно-планчасті і стрічкові транспортери використовують переважно у жниварках і мають такі основні дефекти: послаблення кріплення, поломку і відривання планок, а також стирання і розрив полотна і пасів.

Під час ремонту послаблені заклепки кріплення планок підтягують, поламані планки замінюють новими. Якщо на полотні є потерті місця або розриви, їх усувають встановленням накладки із запасної транспортерної тканини. Накладка має перекривати дефектне місце на 40-50 мм. Під час ремонту стрічок накладки приклеюють або ставлять на заклепки.

Втулково-пруткові транспортери працюють в особливо важких умовах, наприклад, на картоплезбиральній або коренезбиральній машині, де на 1 м проході машини транспортер переміщує до 200 кг ґрунту. Основним дефектом таких транспортерів є знос робочих поверхонь. Під час ремонту машини транспортер знімають і контролюють довжину ланцюга. Якщо його подовження перевищує 5% від початкового кроку ланцюга, транспортер не підлягає подальшій експлуатації. Нерідко ремонт транспортерів зводиться до заміни окремих несправних ланок. Зношені в місцях спряження із з'єднувальними ланками прутки основного транспортера (елеватора) до розміру менше  $\varnothing 10$  мм замінюють новими або відремонтованими. При цьому зношені частини прутків відрізають, а дефектну частину компенсують додатковим прутком. Прутки з'єднують у стик із встановленням втулки, торці якої приварюють до прутків електрозварюванням. Відремонтовані прутки ставлять на транспортер.

Після складання і встановлення на комбайн ланцюги випробовують, прокручуючи приводні вали. Упевнившись, що транспортер рухається без заїдань, обкатують його без навантаження. При

цьому звертають увагу на плавність роботи транспортера.

Крім типових, комбайни мають ряд оригінальних вузлів і складальних одиниць. Далі розглянуті дефекти і способи їх усунення основних вузлів комбайнів.

Ремонт кукурудзозбиральних комбайнів. Різальний апарат кукурудзозбирального комбайна роторного типу, деталі якого можуть мати знос і викришування робочих поверхонь. Строк служби різального апарата можна збільшити зміною положення різальних органів або застосуванням відтягування різальних кромок.

Качановідокремлювальний апарат утворений із двох похило розміщених вальців, знос яких визначає працездатність вузла загалом. Під час ремонту зношені вальці наплавляють. Висота рифів після наплавлення має становити 4-6 мм. Обгумовані вальці ремонтують на спеціалізованому робочому місці, де виконується вулканізація зношеної частини вальця.

У подрібнювальному пристрої комбайна, після переробки 2500 т маси, затупляються ножі до радіуса 1 мм і більше. Для підвищення довговічності і забезпечення самозаточування ножі наплавляють шаром твердого сплаву завтовшки 0,4-0,6 мм. Перед наплавленням ножі відтягують, а після наплавлення – загартовують, за нагрівання до 830-840°C і охолодження у воді з подальшим відпусканням.

Ремонт гичкозбиральних машин і бурякозбиральних комбайнів. Різальний апарат гичкозбиральної машини обладнаний дисковими гладенькими і сегментними (для роботи на дуже забур'яненних ділянках) ножами. Основними дефектами різального апарата є знос, викришування і облом робочих органів. Ножі, при затупленні, заточують на спеціальному пристрої або токарному верстаті. Під час ремонту диски відтягують за технологією, подібною технології ремонту дисків культиваторів.

Робочі органи корнезбиральних комбайнів (копачі) працюють у тих самих умовах, що і робочі органи ґрунтообробних машин. Отже, відновлюють зношені поверхні копача аналогічними способами.

Очисник коренеплодів складений із шнеків, які зношуються від взаємодії із ґрунтом, деформуються через потрапляння каменів та інших твердих предметів. Зношені частини шнеків зрізають газополуменевим способом і замінюють новими. Крок витка контролюють спеціальним шаблоном.

## Лекція № 14

### Ремонт автотракторного електрообладнання, вузлів гідросистеми, кабін і кузовів.

#### Ремонт акумуляторних батарей.

До основних несправностей акумуляторних батарей належать: окислення і пошкодження вивідних клем батареї; тріщини корпусу банки, кришок, перегородок, мастики і її розшарування; прискорене саморозрядження; сульфатація, коротке замикання; руйнування пластин.

Прискорене саморозрядження акумуляторів виникає внаслідок замикання вивідних клем електролітом, який потрапив на поверхню кришок, або бруду, у випадку замикання пластин різної полярності активною масою, що обсіпається, або через руйнування сепараторів.

Саморозрядження викликають домішки металів, які є у решітках пластин і в присутності електроліту утворюють місцеві гальванічні пари.

Сульфатація пластин – це утворення крупних важкорозчинних кристалів сірчаноокислого свинцю ( $PbSO_4$ ) у вигляді білих плям на поверхні пластин і на стінках пор активної маси. Ці кристали закупорюють пори активної маси пластин, що перешкоджає проникненню електроліту в глибину пластин. Як результат, не вся активна маса братиме участь у роботі, що знижує ємність акумулятора. Сульфатація пластини прискорюється за тривалого зберігання батареї без підзаряджання, підвищеної густини електроліту, великого розряджання, взаємодії пластин з повітрям за зниженого рівня електроліту, систематичного недозаряджання батареї і потрапляння сторонніх домішок в електроліт.

Неглибоку сульфатацію усувають тривалим заряджанням малою силою струму, яка не перевищує 0,05 ємності батареї. При цьому електроліт зливають, промивають батарею дистильованою водою, а потім знову заливають в акумулятор дистильовану воду. Після заряджання батареї, коли густина електроліту досягне  $1,15 \text{ г/см}^3$ , операцію повторюють, заливаючи дистильованою водою. Заряджання продовжують доки, густина електроліту не збільшуватиметься. Глибока сульфатація пластин не усувається.

Коротке замикання пластин виникає внаслідок руйнування

сепараторів, випадання активної маси на дно бака і кромки сепараторів.

Короткозамкнутий акумулятор швидко розряджається, а пластини його сульфатуються.

Руйнування пластин виникає через тривале перезарядження батареї, замерзання води в електроліті, зниження рівня електроліту нижче верхньої кромки пластин, коротке замикання батареї тощо. Воно прискорюється за підвищення густини і температури електроліту.

Способи і засоби контролю технічного стану акумуляторних батарей ґрунтуються на властивостях електрохімічних процесів, які проходять в акумуляторах за такою схемою:

Анод	Катод	Електроліт	Напрямок процесу розряд	Анод	Катод	Електроліт
PbO <sub>2</sub>	Pb	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	→ заряд ←	PbSO <sub>4</sub>	PbSO <sub>4</sub>	2H <sub>2</sub> O

Із схеми видно, що густина електроліту в разі розрядження зменшується і може бути ознакою розрядженості акумуляторної батареї, а отже і оцінкою (параметром) її технічного стану. Разом з тим густина електроліту зв'язана з електрорушійною силою (ЕРС) залежністю:

$$E = 0,84 + \gamma B, \quad (1)$$

де 0,84 – постійне число;  $\gamma$  – густина електроліту, приведена до 15<sup>0</sup> С, розрахунок якої визначається із відношення:

$$\gamma_{15} = \gamma_t + (t-15) \cdot 0,0007 \text{ г/см}^3, \quad (2)$$

де  $\gamma_t$  – виміряна густина електроліту, г/см<sup>3</sup>, t – температура електроліту, °С.

Густину електроліту вимірюють денсиметром. Вона коливається в межах 1,10-1,31, що відповідає коливанню ЕРС. (за наведеною вище залежністю) 1,94-2,15 В.

Рекомендована густина електроліту для зарядженого акумулятора залежить від температурних умов, в яких експлуатується акумуляторна батарея. У зимових умовах густина електроліту повинна мати великі значення із вказаного вище інтервалу. Це пояснюється тим, що у цьому випадку, допустима густина для розрядженого акумулятора теж буде вищою, що захистить електроліт від

замерзання за низьких температур. Водночас, експлуатація батарей за підвищеної густини електроліту знижує його довговічність. Ось чому доцільно змінювати густину електроліту влітку і взимку.

ЕРС вимірюється вольтметром, як напруга на вихідних клеммах акумуляторів без вимкненого споживача електричної енергії, тобто без навантаження. Під час включення споживача напруга на вихідних клеммах акумулятора, а значить і всієї батареї, падає за рахунок внутрішніх втрат, що впливає із залежності для напруги:

$$U = E - Ir, \quad (3)$$

де  $I$  – струм під час розрядження батареї через споживача (струм навантаження);

$r$  – внутрішній опір батареї.

Із наведеної залежності бачимо, що більший внутрішній опір акумуляторної батареї, викликаний, наприклад, сульфатацією пластин, то меншою напруга на вихідних клеммах акумуляторної батареї, хоч ЕРС може не змінитися, оскільки її значення залежить тільки від густини електроліту. Тому головною оцінкою технічного стану акумуляторної батареї є напруга батареї, виміряна під навантаженням. Для цього застосовують прилад – навантажувальну вилку, в якій є вольтметр із додатковим опором (0,01 або 0,02 Ом), ввімкненим паралельно до вольтметра. Цим приладом можна виміряти ЕРС (за вимкненого опору) або напругу під навантаженням для кожної секції акумулятора.

Для оцінювання стану акумуляторної батареї можна скористатися такими даними: зниження густини електроліту (відносно початкової за повної зарядженості батареї) на 0,01 призводить до розрядження на 6,25 %, а напруга під навантаженням 100 А характеризує стан батареї такими даними: 1,7-1,8 В – батарея повністю заряджена, 1,5-1,6 В – розряджена на 50%, 1,3-1,4 В – розряджена до допустимих меж (рис. 1).

Для сучасних не обслуговуваних автомобільних акумуляторів слово ремонт може включати в себе тільки ремонт пошкодженого корпусу, заміна свинцевих пластин в таких акумуляторах не проводиться, навіть заводи виробники зараз не займаються ремонтом, вони пускають старі акумулятори на повторну переробку.

Під час надходження акумуляторних батарей, у ремонт їх очищають від забруднень і оглядають. У випадку тріщин у кришках і баках, спучування і відшарування мастики батареї розбирають і

ремонтують. Якщо цих дефектів нема, вимірюють ступінь розрядження батарей, рівень і густину електроліту. Якщо густина електроліту нижче 1,2 або розряджена хоча б одна секція акумулятора до напруги нижче 1,4 В, батарею розбирають і ремонтують. Якщо ж напруга в батареї вище 1,4 В, її піддають контрольному заряджанню. Коли акумулятор погано приймає заряд, тобто швидко падає напруга після зарядження, або напруга однієї із секцій акумуляторів нижча 1,6 В, це вказує на сульфатацію, коротке замикання або випадання активної маси. Таку батарею розбирають і ремонтують.

Розбирають акумуляторні батареї у такій послідовності. Зливають електроліт з корпусу батареї у ванну. Трубчастою фрезою Ø16 мм висвердлюють вихідні затискачі і міжелементні з'єднання глибиною, яка дорівнює товщині міжелементного з'єднання, і лопаткою з електропідігріванням (180-200°C) повністю видаляють мастику. За допомогою пристрою знімають кришку, а екстрактором видаляють блоки пластин із моноблока.

Розбирають блок на півблоки, розводячи їх зусиллям руки. Дефектують сепаратори. Півблоки розбирають на окремі пластини, випилюючи придатні пластини ножівкою, або розплавляючи їх вушки полум'ям пальника. Пластинки із зруйнованою решіткою, спученою та випавшою активною масою, а також із сильно і крупнозернистою сульфатацією вибравують. Придатні півблоки і окремі пластини промивають водою.

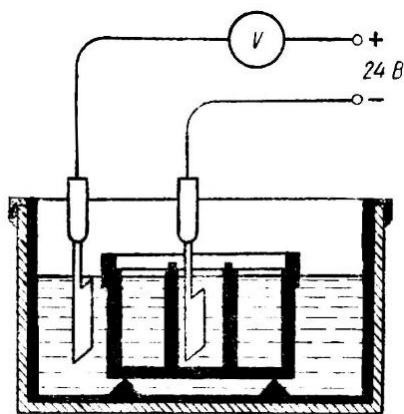


Рис. 1 – Схема перевірки бака на електропроникність

рнистою сульфатацією вибравують. Придатні півблоки і окремі пластини промивають водою.

Пластини вважаються придатними, якщо їх решітки достатньо міцні, а кромки цілі, активна маса позитивних пластин має коричневий колір, а від'ємних – світло-сірий і міцно тримається у решітках, немає тріщин і відшарувань.

Ремонтують пластини з випаданням активної маси не більш як із семи чарунок решітки у різних місцях.

Придатні, але жолороблені пластини (по 5-7 шт. у стопці) опресовують на пресі із зусиллям 50 кН протягом 30 с, укладаючи між ними металеві підкладки товщиною не менше 7 мм. Після

миття і сушіння, пластини кладуть у шаблон і наплавляють обломані вушка свинцем із присадного дроту киснево-ацетиленовим полум'ям або електрозварюванням вугільним електродом.

Моноблоки зі здутими або покоробленими стінками і внутрішніми перегородками вибраковуюють.

Відновлюють моноблоки із наскрізними тріщинами у стінці або перегородці, які порушують їх герметичність. Тріщину у баці виявляють візуально.

На тріщині бака знімають фаску з двох боків під кутом 90-120° на глибину 3-4 мм по всій довжині (рис. 2). Кінці тріщин засвердлюють свердлом Ø3-5 мм. Зачищають поверхню бака біля тріщини наждачною шкуркою і наносять шпателем клей на основі епоксидної смоли ЕД-6 з одного боку і просушують до повного затвердіння клею. Склад клею, в вагових частинах: епоксидна смола ЕД-6 – 100, пластифікатор (дибутилфталат) – 15-18, затвердник (поліетилен-поліамін) – 7-9, наповнювач (ебонітовий порошок) – у кількості, необхідній для отримання певної консистенції. Потім тріщину заробляють з протилежного боку і знову просушують, а після цього перевіряють бак на електропроникність.

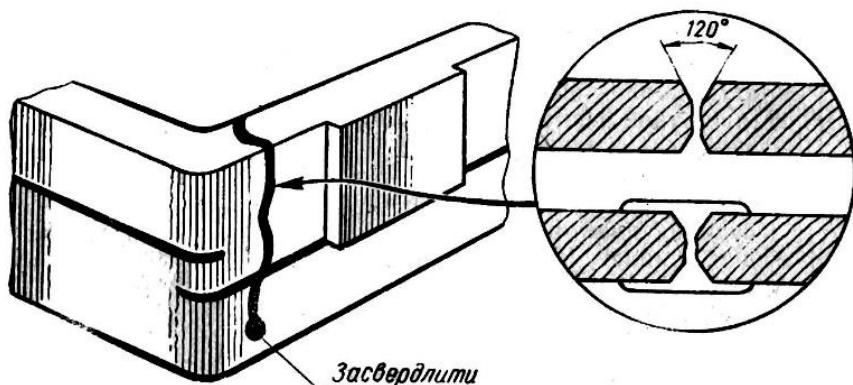


Рис.2 – Розробка тріщини у стінці акумуляторної батареї засвердлити

Після ремонту акумуляторну батарею складають у послідовності, зворотній розбиранню, виконуючи при цьому, між окремими складальними операціями допоміжні: наварювання вушок пластин за шаблоном, зварювання у півблоки в кондукторі, наварювання вивідних клем за шаблоном, заливання нової мастики (суміш 75% нафтового бітуму і 25% машинного масла, нагріту до 170-180°C) у заглиблення між кришками і стінками моноблоків.

Зварюють газовим (свинцевим дротом) або електродуговим



(вугільним електродом) зварюванням.

У складену акумуляторну батарею заливають електроліт густиною 1,22-1,25 до нормального рівня (10-15 мм вище запобіжного щитка), витримують 4-6 год для просочування пластин електролітом і ставлять на заряджання.

Заряджають акумуляторну батарею одним із двох способів: за постійного струму (послідовне з'єднання акумуляторних батарей) або за постійній напрузі (паралельне з'єднання акумуляторних батарей).

У першому випадку сила зарядного струму підтримується постійною. Оскільки зарядний струм:

$$I_3 = \frac{U - E}{r}, \quad (4)$$

а ЕРС батареї у міру заряджання зростає, то для підтримання постійного зарядного струму потрібно, у міру заряджання, підтримувати напругу на затискачах батареї. Для цього, послідовно із заряджуваною батареєю, повинен бути ввімкнений реостат (рис. 3). Коли напруга на затискачах батареї  $U$  досягне 2,4 В на елемент (початок газовиділення), то зарядний струм знижують у 2-3 рази і закінчують заряджання за пониженого зарядного струму. Кількість струму  $Q$ , отриману батареєю під час заряджання, зображено заштрихованою площею. При цьому способі батареї вмикаються послідовно. Загальна кількість послідовно ввімкнених елементів не має перевищувати  $U_M/2,7$ , де  $U_M$  – напруга мережі. Всі батареї мають бути однакової ємності.

Заряджання постійною силою струму є більш універсальним способом. Він дозволяє довільно вибирати величину зарядного струму і контролювати його амперметром протягом всього часу заряджання. Недоліком цього способу є тривале заряджання і необхідність постійного контролю і регулювання зарядного струму.

Заряджання за постійної напруги виконують тоді, коли батареї вмикаються паралельно між шинами, на яких підтримується постійна напруга близько 2,3 В на елементі і контролюється вольтметром.

Зарядний струм  $I_3$  спочатку буде великий, потім, у міру збільшення ЕРС батареї, різко падатиме. Внаслідок великого зарядного струму спочатку час заряджання скоротиться, і протягом перших трьох годин батарея отримає близько 80% всієї необхідної їй

кількості струму. Заряджання автоматично закінчиться за малого струму майже без газовиділення.

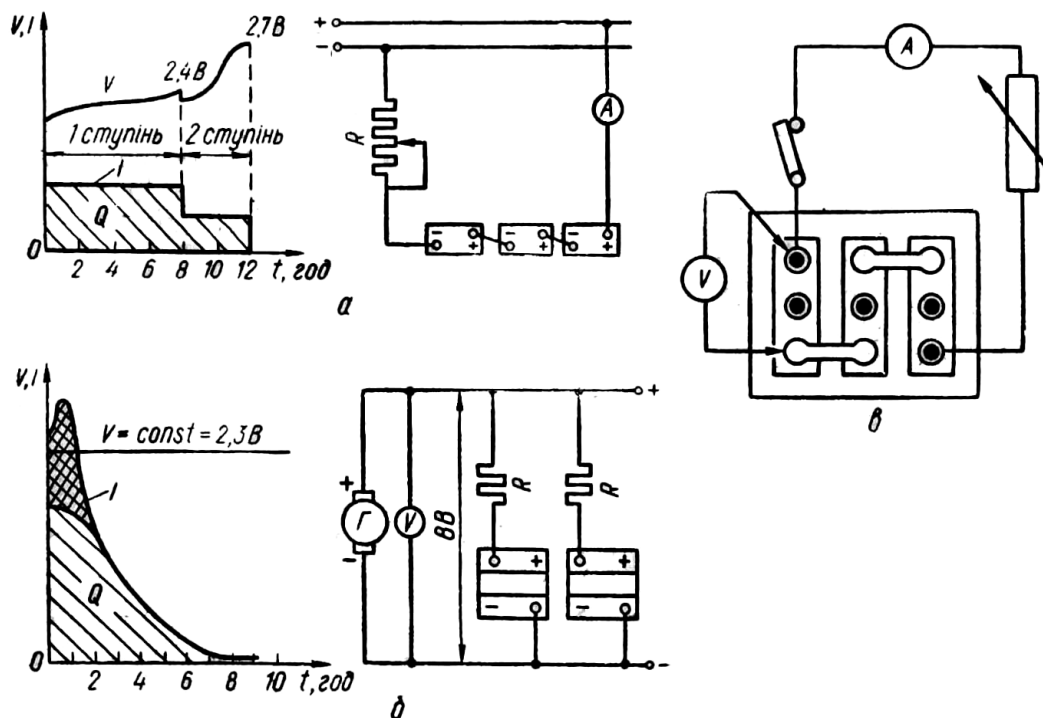


Рис.3 – Схеми заряджання (а, б) і розряджання (с) акумуляторних батарей

Недоліком цього способу є великий зарядний струм на початку заряджання, що перевантажує зарядний агрегат.

Для обмеження зарядного струму послідовно із батареєю, що заряджається, включають баластний опір  $R$  постійної величини. Напругу на шинах, у цьому випадку, підтримують близько 2,65 В на елемент. Зарядний струм викликає у баластному опорі падіння напруги  $I_3R$ , внаслідок чого напруга на затискачах батареї:

$$U = U_V - I_3R, \quad (5)$$

де  $U_V$  – напруга генератора.

На заряджання батарею ставлять з електролітом, температура якого не вище 30°C. Зарядний струм має відповідати технічним умовам для батареї цієї марки. Як правило, його вибирають рівним 0,1 номінальної ємності батареї. Під час заряджання температура електроліту не має перевищувати 45°C.

Кінець заряджання визначають за сильним газовиділенням (кипінням) або стабільністю напруги на клеммах акумуляторів за

останні 2 год заряджання. Після заряджання перевіряють густину електроліту і за необхідності вирівнюють її у всіх акумуляторах до нормальної, доливаючи дистильовану воду, якщо щільність підвищена, або робочий електроліт щільністю 1,4, якщо вона нижче норми. Після цього продовжують заряджання.

Потрібно пам'ятати, що номінальну ємність акумуляторної батареї задає завод-виробник чітко для певного режиму контрольного розряджання, оскільки із збільшенням струму акумулятор розряджається непропорційно швидше і показник вимірної ємності (добуток сили розрядного струму на час розряджання) матиме менше значення, і навпаки, із зменшенням струму – більше значення.

Вказана вище технологія ремонту акумуляторних батарей, прийнята у випадку, коли конструктивні особливості батареї дозволяють її виконувати.

### **Ремонт приладів системи запалювання.**

Характерними несправностями переривників-розподільників є зношування, обгорання і оксидація робочої частини контактів, зношення ковзних підшипників валу приводу і шарикопідшипника диска і кулачків переривника, ослаблення і поломка пружин відцентрового і вакуумного регуляторів випередження запалювання, пошкодження діафрагми вакуумного регулятора, тріщини і порушення ізоляції кришки і ротора розподільника.

У випадку значного зношування або обгорання контакти переривника замінюють новими, незначного – зачищають спеціальною абразивною пластиною або дрібнозернистою скляною шкуркою. Під час зачищення, необхідно забезпечити паралельність робочих поверхонь контактів і щільне їх прилягання у замкнутому стані.

Зношені підшипники ковзання валу приводу і шарикопідшипники диска переривника замінюють новими, а посадочні шийки валу приводу відновлюють хромуванням з подальшим шліфуванням під нормальний розмір.

Ослаблені пружини відцентрового і вакуумного регуляторів, вакуумний регулятор із пошкодженою діафрагмою та несправні кришку і ротор замінюють новими.

На сучасних автомобілях з іскровим запалюванням, в основ-

ному, застосовують безконтактну систему запалювання яка складається з датчика-розподільника, транзисторного комутатора, котушки запалювання, свічок запалювання, реле запалювання, вимикача і високовольтних проводів. Датчики-розподільники, які застосовані в цій системі, бувають двох типів: магнітоелектричний і з датчиком Холла. Несправні елементи безконтактного запалювання замінюються на нові.

В електронній системі запалювання інжекторного двигуна можна виділити наступні складові частини: контролер; датчик положення колінчастого валу (ДПКВ); шків з зубчастим вінцем; модуль запалювання (модуль запалювання включає в себе дві котушки запалювання і два високовольтних ключа-комутатора) високовольтні проводи; свічки запалювання.

Якщо контролер виходить з ладу, то своїми силами, без наявності професійних знань, відремонтувати його не представляється можливим. Єдиний варіант – це заміна в спеціалізованій майстерні.

Модуль запалювання не ремонтується, його потрібно замінювати.

Основними дефектами індукційних котушок є пробивання ізоляції і міжвиткове замикання у первинній і вторинній обмотках, обломи і тріщини в кришці, перегорання додаткового опору.

Індукційну котушку, під час ремонту, оглядають і перевіряють на стенді іскроутворення, встановлюють міцність ізоляції первинного ланцюга. У випадку виявлення основних дефектів індукційну котушку замінюють новою.

Свічки запалювання можуть мати тріщини на ізоляторі, нагар на юбці ізолятора і внутрішній частині корпусу, підгоряння електродів і збільшення зазору між ними. Несправні свічки запалювання замінюють новими.

Сучасні автомобілі, трактори, комбайни мають генератори змінного струму. Основними несправностями генераторів змінного струму є обриви обмоток ротора і статора (рис. 4). У випадку обриву (лампа не горить) зачищають кінці обірваних проводів, скручують їх, спаюють припоєм ПОС-30 і ізолюють.

Замикання на «масу» обмоток ротора і статора виявляють за схемами, зображеними на рис. 5, 6. Якщо замикань немає, лампа не загорається. За цих дефектів обмотки замінюють новими.

Міжвиткове замикання в обмотках виявляють вимірюванням

їх опору за допомогою омметра. За його наявності котушку замінюють.

Опори фазних обмоток статора (опори між двома будь-якими виводами) мають бути рівними.

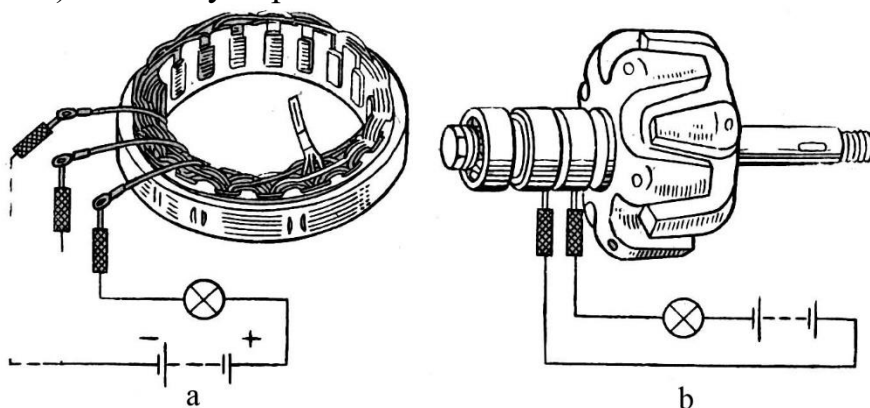


Рис. 4 – Перевірка обмотки статора (а) і ротора (б) на обрив

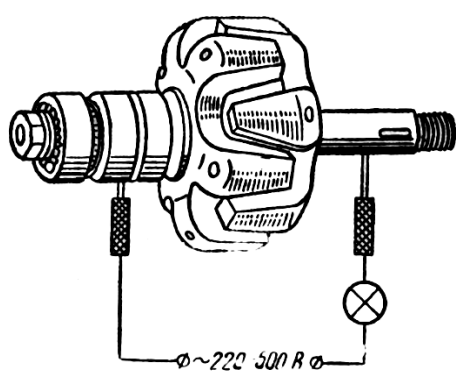


Рис. 5 – Перевірка обмотки збудження на замикання з корпусом ротора

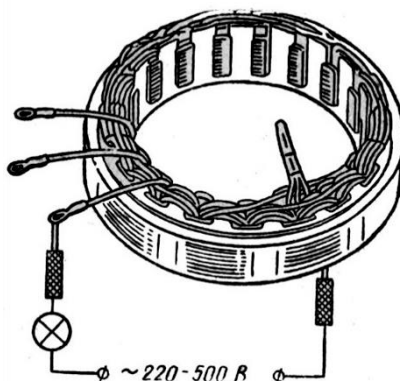


Рис. 6 – Перевірка обмотки статора на замикання з корпусом

Окислення, підгорання і зношування контактних кілець ротора зачищають скляною шкуркою або проточують і шліфують їх поверхню.

У випадку втрати магнітних властивостей ротора його намагнічують. Величину намагніченості перевіряють магнітометром. Вона має бути не менше 220 мкВб.

Зношування посадочних місць під шарикопідшипники ротора усувають залізненням.

Пошкоджену зовнішню ізоляцію полюсних котушок статора замінюють новою бавовняною стрічкою з подальшим просочуванням лаком і сушінням у печі.

Обрив проводу між котушками і виводами котушок статора усувають зачищенням кінців обірваних проводів, їх скручуванням і паянням припоєм ПОС-40 з подальшою ізоляцією.

У випадку короткого замикання між витками котушки статора, її замінюють новою.

Якщо пошкоджена різьба в отворах кришки, то нарізають нову (ремонтного розміру), а якщо є тріщини і обломи кришки, то її замінюють новою.

Діоди з тріщинами і обломами, обривами і пробоями замінюють новими.

Зношені за висотою понад допустиму величину щітки замінюють.

Несправності стартера, як і генератора, можна розділити умовно на електричні і механічні.

Основними несправностями полюсних котушок стартерів є пошкодження зовнішньої ізоляції, міжвиткове замикання, обрив виводу щітки, пошкодження перемички між котушками.

Пошкодження зовнішньої ізоляції котушок визначають візуально і перевіркою під напругою 220 В. Пошкоджену ізоляцію замінюють новою.

Міжвиткове замикання виявляють шляхом вимірювання опору котушки так, як і котушки генераторів.

Пошкоджену котушку перемотують, пошкоджені перемички полюсних котушок і обрив виводу щітки виявляють візуально або контрольною лампою. Дефекти усувають паянням перемички і виводу щітки.

У якоря стартера можуть виникнути такі дефекти: відпаювання кінців секцій від колекторних пластин, замикання пластин колектора між собою і на «масу», коротке замикання секцій.

У випадку замикання пластин колектора на «масу» якір вибравують.

Відпаювання кінців секцій від колекторних пластин виявляють візуально і контрольною лампою під напругою 220 В. Кінці секцій зачищають і припаюють до колекторних пластин припоєм ПОС-40.

Замикання пластин колектора між собою визначають дефектоскопом. При цьому поверхню колектора шліфують скляною шкуркою і очищають тампоном, змоченим у бензині.

Коротке замикання секцій виявляють на дефектоскопі і замкнуту секцію видаляють. Для цього кінці секцій відпаюють від пластин колектора. Знімають верхній шар проводів і видаляють пазову ізоляцію, а потім нижній шар проводів. Паз якоря зачищають скляною шкуркою, кладуть електроізоляційний картон і обтискають його по пазу. У паз вкладають проводи нижніх секцій, на них – електроізоляційний картон і верхні частини секцій. Кінці секцій припаюють до колектора. Секції якоря закріплюють у пазах накладанням дротяного бандажа, під який установлюють пресшпанову прокладку, а також карбуванням пазів якоря.

У корпусі стартера може бути зминання, забоїни і задири на посадочних місцях під кришки, пошкодження ізоляції контактного болта, пошкодження нарізі в отворах, тріщини.

Робоча поверхня полюсних башмаків може мати місцевий виробіток через торкання якоря, забоїни і задири, а також знос нарізі в отворах під болт кріплення до корпусу.

У якоря стартера може бути пошкоджене залізо, зношена шийка валу у місцях спряження з підшипниками, обгорання і зношення колектора.

Шийку валу під підшипники шліфують до виведення слідів зношування і залізнують, а поверхню колектора шліфують.

У кришці, з боку колектора, можливе зминання і забоїни на циліндричному пояску, спряженому з корпусом; зношування гнізда під підшипники і внутрішнього гнізда підшипника; ослаблення кріплення щіткотримачів; пошкодження ізоляції під ізольованими щіткотримачами; ослаблення пружини щіткотримачів і їх поломка.

Зношування гнізда під підшипник контролюють за допомогою індикаторного нутроміра. Допустимий натяг між отвором гнізда і зовнішньою поверхнею підшипника ковзання має бути не менше 0,1 мм. Отвір гнізда розвірчують під ремонтний розмір так, щоб забезпечити натяг у спряженні з підшипником не менше 0,2-0,3 мм.

Ослаблене кріплення щіткотримачів усувають заміною заклепки або розклепуванням старих. Пошкоджену ізоляцію під щітки замінюють новою.

Пружини, які втратили пружність, замінюють новими. Нові щітки притирають до колектора, а зношені за висотою – замінюють. У кришці, з боку приводу можливі задири на циліндричній поверхні

фланця, спряженій з корпусом; знос отвору під підшипник і підшипника; тріщини і відколювання вушок фланця кріплення стартера; знос нарізі в отворах.

Технологія ремонту підшипникового вузла аналогічна технології ремонту кришки з боку колектора.

Тріщини і відколювання вушка усувають електродуговим або газовим зварюванням.

Деталі приводу з обгінною муфтою можуть мати знос зубів шестірні, внутрішнього отвору підшипника втулки і гнізда під підшипник; ослаблення пружності пружини. Зношений підшипник замінюють новим.

Пружність пружини контролюють на приладі, яка має бути не менше 17,5 кг за осадження її на 16 мм. У випадку втрати пружності пружину замінюють новою.

Зношування зубів шестерень контролюють штангензубоміром і при збільшенні його понад допустиме значення шестірні бракують.

Забоїни, задири і змінання зубів на торцевій поверхні усувають шліфуванням торців.

Після складання статорів регулюють механізм їх вмикання.

Виліт шестірні стартера з дистанційним електромагнітним вмиканням регулюють, під'єднуючи стартер до акумуляторної батареї. Зазор А між торцем шестірні і опорним кільцем (рис. 7) має знаходитися у межах, установлених технічними умовами цієї марки стартера. За потреби його регулюють гвинтом 5. Для цього розшпінтовують гвинт 6 і виймають палець. Для зменшення зазору гвинт вкручують, а для збільшення – викручують. Після регулювання зазору встановлюють початкове положення шестірні (відстань Б відповідно до ТУ) за допомогою гвинта 1.

Після встановлення зазору регулюють момент вмикання основних і допоміжних контактів вмикача на одночасність за допомогою контрольних ламп, увімкнених в електричну схему стартера.

У стартері з дистанційним вмиканням момент замикавання контактів регулюють гвинтом якоря тягового реле.

Після ремонту окремих деталей і вузлів складають генератори, реле-регулятори, стартери, переривники-розподільники і випробують їх на стендах типу КИ-968 або 532М. Перед випробуванням генератори обкатують на стенді протягом 5-10 хв за частоти обертання ротора 1500-2000 хв<sup>-1</sup> і навантаження 10-14 А.



Генератори змінного струму випробовують у режимі холостого ходу і під навантаженням. У режимі холостого ходу вимірюють частоту обертання ротора, за якої генератор дає номінальну напругу. У режимі навантаження вимірюють частоту обертання ротора, при якій генератор дає номінальну напругу на номінальному струмі навантаження.

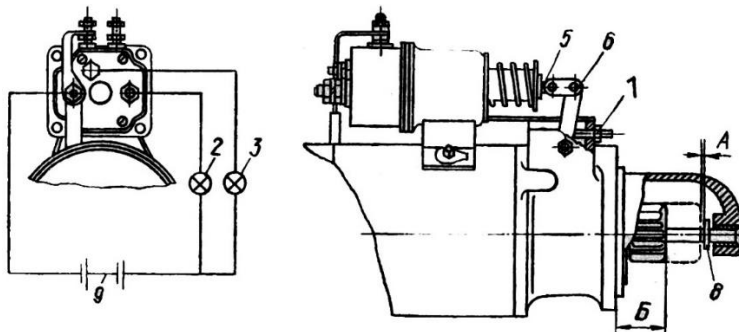


Рис. 7 – Регулювання стартерів з електромагнітним включенням: 1 – гвинт регулювання початкового положення шестірні; 2, 3 – лампи; 5 – гвинт регулювання моменту вмикання стартера; 6 – гвинт; 8 – упорне кільце; 9 – акумуляторна батарея

Стартери випробують на безвідмовність роботи механізму вмикання, частоту обертання якоря, безшумність роботи і силу струму на холостому ходу. Крім того, їх випробовують у режимі повного гальмування, визначаючи силу споживаного струму і крутний момент, який розвиває стартер.

### Ремонт гідравлічних систем.

Найпоширенішими та основними видами зношування деталей гідроагрегатів є абразивний та гідроабразивний.

Основні несправності агрегатів гідросистем: падіння об'ємного ККД нижче встановленої технічними умовами норми, порушення регулювань, погіршення керованості, граничні зноси деталей. Зношування деталей і старіння гумових ущільнень агрегатів і вузлів призводять до зовнішніх і внутрішніх підтікань робочої рідини, внаслідок чого, знижується об'ємний ККД гідравлічних систем.

Забруднення та інші сторонні частинки, що потрапляють до гідравлічної системи, викликають знос робочих поверхонь всіх деталей.

Дрібні частинки, що викликають абразивний знос, звичайно

невидимі неозброєним оком тому, що вони мають діаметр не більше 40мкм. Масло, у якому присутні такі частинки, може виглядати чистим і одночасно містити достатню кількість абразивних частинок, які призводять до відмови насоса.

Знос та руйнування деталей агрегатів гідравлічних систем відбувається також внаслідок аераційних та кавітаційних гідравлічних процесів. Аерація – це процес, пов’язаний із потраплянням у гідравлічну систему повітря та утворенням у робочій рідині повітряних пухирців. Аерація є результатом змішування повітря з маслом. Повітря проникає в гідравлічні системи крізь нещільні з’єднання трубопроводів, або як результат процесу турбулентності масла в баку, викликаного перетіканням масла у протилежному робочому напрямку, витіканням масла з баку та пошкодженням труб всередині баку.

Кавітація – це процес розриву (вибуху) повітряних пухирців, що утворилися в робочій рідині. Кавітація звичайно виникає як результат обмеження потоку робочої рідини у всмоктувальній магістралі шестеренного насоса або за підвищеної температури робочої рідини. Розрив повітряних пухирців в робочій рідині гідравлічних систем у решті-решт призводить до пошкодження деталей агрегатів гідравлічних систем і, в першу чергу, до зносу базових деталей шестеренних насосів.

Процеси аерації і кавітації призводять до інтенсивного зношування, ерозії і утворення ямок на робочих поверхнях деталей агрегатів гідравлічних систем. Зовнішніми ознаками наслідків негативного впливу аерації та кавітації на технічний стан агрегатів гідравлічних систем є підвищений шум під час роботи шестеренного насосу та часткова або повна втрата керованості навісними та причіпними органами машин.

Несправності гідросистем і їх агрегатів виявляють діагностуванням, оскільки необґрунтоване розбирання порушує герметичність з’єднань, взаємне розміщення і припрацювання спряжень, що в решті-решт зменшує довговічність гідроагрегатів. Враховуючи складність і високу точність виготовлення деталей, вузлів і агрегатів гідравлічних систем, а також підвищені вимоги до герметичності, їх ремонтують на спеціалізованих ремонтних підприємствах.

Ремонт шестеренних насосів типу НШ-У. Технічний стан насосів перед ремонтом визначають випробуванням на стендах типу КИ-4200, КИ-4815М. Якщо під час випробування коефіцієнт подачі

насоса менше 0,65, то його ремонтують. Коефіцієнт подачі насоса розраховують за формулою:

$$K_{\Pi} = \frac{Q_H}{Q_T}, \quad (6)$$

де  $Q_H$  – подача насоса за номінальних тиску і частоти обертання, л/хв;

$Q_T$  – теоретична (розрахункова) подача насоса за номінальної частоти обертання, л/хв.

У шестеренних насосах типу НШ-У зношуються стінки колодязів корпусу з боку камери всмоктування у спряженні із втулками і шестірнями, опорна поверхня під втулками і поверхня під ущільнювальною манжетою. Крім того, спостерігаються тріщини, раковини на поверхні, а також зноси або зрив різьби під болти кріплення кришок і приєднувальних муфт до корпусу.

Втулки зношуються по поверхні торця, який працює у спряженні із шестірнею. Зношується також внутрішня циліндрична поверхня, мала циліндрична поверхня хвостовика втулки, велика циліндрична поверхня і мала торцева поверхня у спряженні з корпусом і ущільнювальною манжетою. У шестерень зношуються цапфи, торцеві поверхні, головки та профіль зубів по колу. Характерними дефектами кришки насоса є знос торцевої поверхні з боку корпусу насоса, забоїни і задири, зривання буртика у гнізді сальника, а також тріщини.

Корпуси насосів відновлюють нанесенням клейового складу на основі епоксидної смоли, встановленням перехідних вставок або обтисканням (способом пластичної деформації). За даними наукових дослідів, кращий спосіб відновлення корпусу – обтискання. Так, за тиску 14 МПа, корпус насоса розширюється у поясі верхніх втулок і по дну: новий – на 115 і 20, обтиснутий на 55 і 30 мкм.

Нагрітий до 470-490°C корпус обтискають у спеціальній пресформі на гідравлічному 100-тонному пресі протягом 10-12 с вздовж зовнішнього контуру (рис. 8, а). Після обтискання корпус ставлять у піч і витримують 20 хв за температури 520-535°C, а потім гартують у воді, нагрітій до температури 50-75°C. Загартований корпус відпускають протягом 4 год за температури 170-180°C. Твердість корпусу після термообробки має становити НВ 76-120. Колодязі корпусів після обтискання і термічної обробки, розточують під номінальний розмір.

Втулки відновлюють осаджуванням, обтисканням і роздаванням з наступною механічною обробкою. Втулки із спрацьованими отворами, стиковими і торцевими поверхнями обтискають (рис. 8, b).

Зношені зовнішні поверхні втулок можна відновлювати сумішшю на основі епоксидної смоли або гальванічним мідненням цієї поверхні з наступною механічною обробкою.

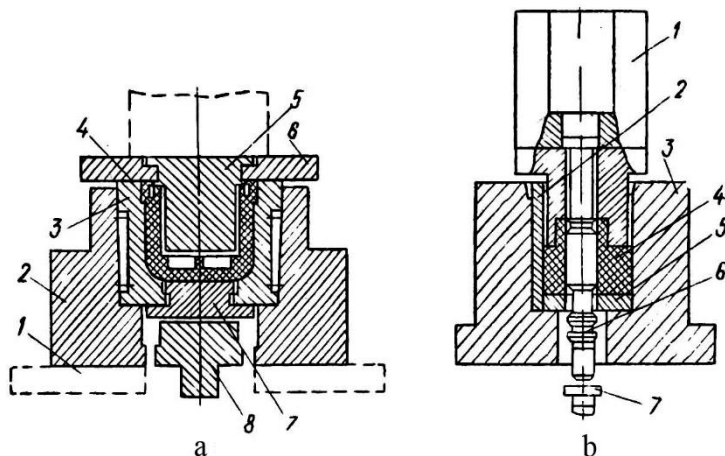


Рис.8 – Відновлення деталей насоса типу НШ-У обтисканням:  
 а – корпус; 1 – станина преса; 2 – пресформа; 3 – блок матриць; 4 – корпус насоса; 5 – пуансон; 6 – плита; 7 – кільце, 8 – виштовхувач;  
 б – втулка; 1 – пуансон; 2 – вкладиш; 3 – матриця; 4 – втулка; 5 – шайба; 6 – інструмент; 7 – виштовхувач

Шестірні відновлюють шліфуванням за незначних зносів у межах товщини термообробленого шару (зношені поверхні цапф, торців, зовнішню поверхню головок зубів шестерень). Цапфи шестерень відновлюють також гальванічним нарощуванням металу (хромуванням або залізненням).

Короблення кришки, задири і забоїни на привалковій площині усувають шліфуванням. Знос торцевої поверхні, яка прилягає до корпусу насоса, відновлюють проточуванням на токарно-гвинторізнному верстаті різцем з пластиною твердого сплаву ВКЗ. Якщо корпус насоса відновлюють обтисканням, то після цього, отвори у кришці розсвердлюють під болти із зовнішньою гранню.

У разі зривання буртика у гнізді сальника, який утримує стопорне кільце, кришку відновлюють встановленням сталюого кільця.

Ремонт клапанно-розподільних пристроїв. У розподільних

пристроїв, як правило, зношуються отвори у корпусі (під золотники), золотники, клапани, важелі і кришки.

Отвори у корпусі і золотники гідророзподільників під час виготовлення розподіляють на розмірні групи, що дозволяє у випадку незначних зносів і великого ремонтного фонду відновлювати зазор у парі «корпус-золотник» за рахунок перекомплектування з подальшим припасуванням. У випадку значних зносів геометричну форму отворів під золотники відновлюють розвірчуванням і притиранням, а також алмазним хонінгуванням на вертикально-хонінгувальному верстаті. Пояски золотників із невеликими зносами відновлюють доведенням, шліфуванням до виведення спрацювання, а із значними зносами золотників і отворів корпусу – нарощуванням поясків гальванічним способом (хромуванням або залізненням) з подальшим шліфуванням. Після відновлення корпусу гідророзподільників золотники сортують на розмірні групи.

Знос конусної ущільнювальної поверхні перепускного клапана усувають обробкою різцем на токарному верстаті. Конічну частину клапана шліфують на спеціальному верстаті або шліфувальним кругом (заправленим під кут  $45^\circ$ , за частоти обертання  $20 \text{ с}^{-1}$ ) круглошліфувального верстата до виведення зносу.

Поршень і хвостовик клапана із значним зносом хромують або залізнять з наступним шліфуванням. Зношене гніздо перепускного клапана шліфують на плоскошліфувальному верстаті до утворення гострої кромки. Аналогічно відновлюють гніздо запобіжного клапана.

Сферичну поверхню важелів керування, у випадку зношування хромового покриття, хромують з подальшим поліруванням.

Тріщини у верхній і нижній кришках ремонтують газовим зварюванням або заробленням сумішшю на основі епоксидної смоли. Відновлені кришки випробують під тиском 1МПа. Підтікання і потіння, після відновлення, не допускаються.

Пружини гідророзподільників, які втратили пружність і зносились, замінюють новими.

Ремонт гідроциліндрів, гідроаккумуляторів і гідроамортизаторів. Під час експлуатації гідроциліндрів частіше за все виникають такі дефекти: знос внутрішньої поверхні корпусу; знос отвору під шток в передній кришці; знос отвору і злам вушка у задній кришці; знос внутрішньої поверхні і отворів під палець штока; прогин штока; знос поршня.

Зношену внутрішню поверхню корпусу відновлюють розточуванням на вертикально-розточувальному верстаті з наступним хонінгуванням під ремонтний розмір поршня, який можна відновити залізненням. Зношений отвір під шток у передній кришці розточують і запресовують бронзову або чавунну втулку. Потім втулку остаточно обробляють розвертками під розмір штока. Зазор в цьому спряженні має становити 0,02-0,10 мм. Зношені отвори вушка в задній кришці обробляють зенкером, а потім розвертками. Зламани вушка задніх кришок відновлюють зварюванням.

Зношену внутрішню поверхню штока відновлюють геометричну форму шліфуванням на безцентрово-шліфувальному верстаті, потім хромують і шліфують. Зношені отвори вилок штока обробляють зенкером, а потім після цієї обробки в отвори вилок штока запресовують виготовлені втулки відповідних розмірів, приварюють, а потім остаточно обробляють розвертками до нормального розміру. Пальці виготовляють нові.

Зігнуті штоки виправляють під пресом у холодному стані. Допустимий прогин штока – не більше 0,15 мм.

Ущільнення замінюють новими, якщо вони зносились або втратили пружність.

Ремонт шлангів високого тиску. У шлангах з металевими оплетеннями порушується герметичність з'єднання біля кінців шлангів або виникає їх розрив.

Для ремонту найчастіше використовують деталі безрозбірної муфти. Пошкоджену частину шлангів разом із безрозбірною муфтою обрізають дисковою пилкою або шліфувальним кругом. Відрізану безрозбірну муфту розрізають фрезою на дві половинки. Ніпель із гайкою вставляють всередину справного кінця шлангу і затискають його двома половинками розрізаної муфти за допомогою хомутиків.

У випадку пошкодження середини шлангу або кількох місць пошкоджену частину вирізають і вставляють відрізок справного шлангу потрібної довжини. Кінці шлангів з'єднують перехідним ніпелем.

Існує також спосіб розбірного зароблення шлангів, який полягає в тому, що пошкоджений кінець шлангу обрізають і на довжині 40-50мм від краю знімають верхній шар гуми аж до самого металевого оплетення. Потім на шланг, з невеликим натягом, наді-

вають відрізок сталюї трубки, а в середину шлангу вставляють ніпель з накидною гайкою. Кінець шлангу вставляють у спеціальний пристрій для обтискання муфт (наконечників шлангів) під пресом, де відрізок трубки рівномірно обтискається розрізними сухариками (вкладишами), утворюючи нероз'ємне з'єднання. Таким же способом ремонтують пошкодження на середині шлангу. В такому випадку виготовляють подовжений з'єднувальний ніпель. Сталю трубку, що надівають на шланг зверху, обтискають по обидва боки пошкодження. Пошкожені кінці шлангів ремонтують також з використанням розбірних наконечників.

В ХНТУСГ ім. П.Василенка свого часу було розроблено спосіб та оснащення для з'єднання шлангу з ніпелем притисканням шлангу до ніпеля дротом.

Намотування дроту здійснюється на токарно-гвинторізному верстаті. Ніпель, з якого видалено муфту і частину шлангу, закріплюється на спеціальній оправці, яка має різьбову частину з різьбою, що відповідає гайці ніпеля та імітує штуцер гідроагрегату. Направлення дроту та утворення натяжного зусилля для намотування здійснюється за допомогою спеціального пристрою.

Процес фіксації шлангу на ніпелі виконується в такій послідовності. У патроні токарно-гвинторізного верстата закріплюють різьбову оправку, на яку встановлюють ніпель із шлангом. У радіальний отвір різьбової оправки пропускають кінець дроту. Дріт затискається між роликками пристрою для натягу дроту. Перший виток дроту виконують на відстані 5-7 мм від краю шлангу і фіксують перехресним накладанням дроту у зворотному напрямку. Намотування дроту виконують за спіраллю (рис. 9).

Дріт намотують по поверхні шлангу на довжину ніпеля, а останній виток виконують з кроком, який дорівнює діаметру дроту. З метою забезпечення вимог безпеки праці і запобігання можливого розмотування дроту, останній його виток фіксується з'єднанням із попереднім витком електрозварюванням (рис.10).

Надійна фіксація шланга на ніпелі досягається за використання дроту з низьковуглецевої сталі (дріт типу «в'язальний»), з межею текучості матеріалу дроту 195 МПа, діаметром 3-5 мм, із кроком намотування 3-8 мм та зусиллям натягання дроту 30-80 кг.

Складання, обкатка і випробування агрегатів гідросистем.  
Шестірні і втулки насосів типу НШ-У комплектують за розмірними групами так, щоб висота кожної пари шестерень не відрізнялася

більш як на 0,005 мм. Корпус повинен мати ремонтний розмір, відповідний ремонтному розміру втулок. Установлені у корпус втулки не мають виступати над його верхньою площиною більше 0,15 мм або заглиблюватися більше ніж на 0,1 мм.

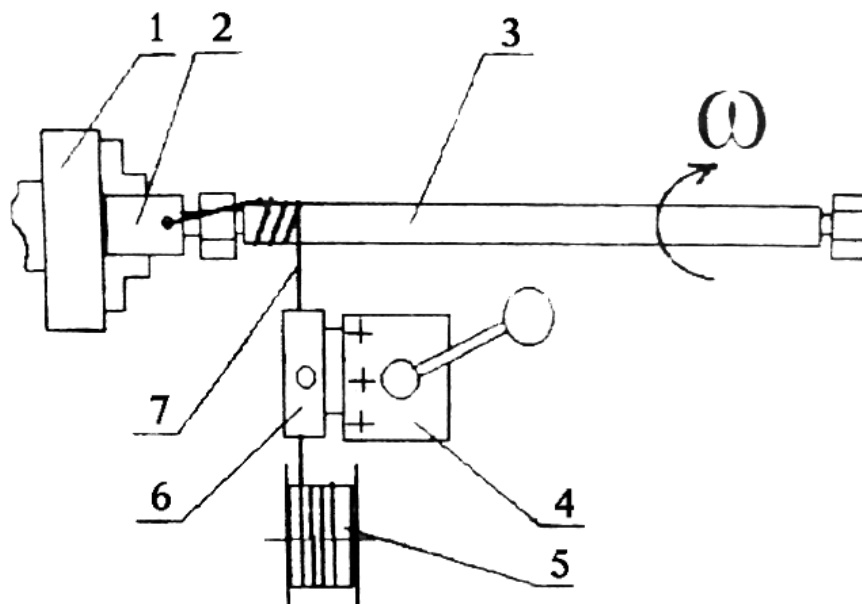


Рис. 9 – Схема установки для з'єднання шлангу з ніпелем дротом:  
 1 – патрон токарно-гвинторізного верстата; 2 – оправка; 3 – шланг, що ремонтується; 4 – різцеутримувач; 5 – котушка з дротом; 6 – пристрій для натягу дроту; 7 – дріт

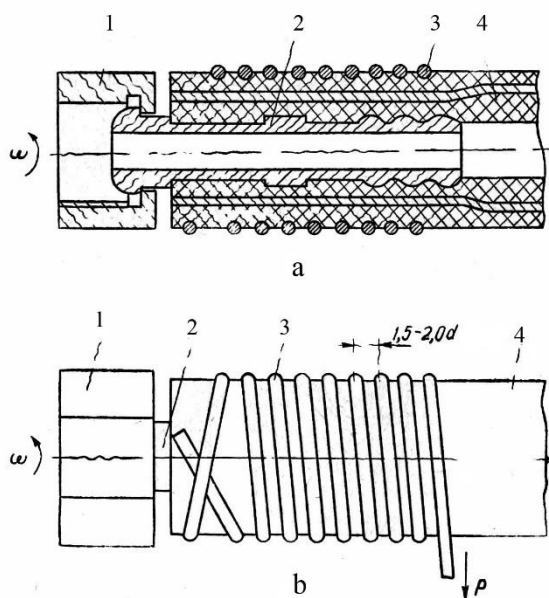


Рис. 10 – Схема з'єднання шлангу гідросистем з ніпелем дротом:

- а – схема з'єднання  
 б – схема розміщення витків дроту на шлангу;  
 1 – ніпель;  
 2 – гайка;  
 3 – дріт;  
 4 – шланг

Обкатують насоси та випробовують і регулюють гідророзподільники разом із насосом відповідної продуктивності на стендах



типу КИ-4815М або КИ-4200 за режимами, передбаченими технічними вимогами. Після обкатування насос випробують на цих самих стендах, та, відповідно до технічних вимог, визначають об'ємну подачу насоса за номінального тиску.

Перед складанням золотники гідророзподільників комплектують із корпусом, для чого їх підбирають за розмірною групою. Якщо зазор нормальний – золотник, змащений маслом, під дією власної ваги плавно переміщується в отворі корпусу. Перепускний клапан має вільно переміщуватися у корпусі, без заїдань і з поворотом на  $180^\circ$ .

Під час випробування гідророзподільників перевіряють функціонування пристрою автоматичного повертання золотника в нейтральне положення, тиск перепуску через перепустий та запобіжний клапани, герметичність корпусних деталей і підтікання робочої рідини між корпусом та золотником.

Вимоги до складання гідроциліндрів: робоча поверхня штока має бути хромована, відшарування чи лущення хромового покриття не допускається; гайки стяжних шпильок (або болтів) мають бути рівномірно затягнуті до краю; конічні пробки мають бути щільно закручені і забезпечувати повну герметичність; поршень – переміщуватися у циліндрі за всією довжиною ходу плавно, без заїдань.

Випробують гідроциліндри на стендах типу КИ-4815М або КИ-4200, на яких мають стояти справні насос і гідророзподільник тих марок, з якими гідроциліндр працює на машині. Закріплюють шток циліндра пальцем, створюють тиск 12,5 МПа і визначають витікання масла в циліндрі. Після ремонту воно не має перевищувати  $0,5 \text{ см}^3$  за 3 хв. Максимальний тиск масла, необхідний для переміщення поршня без навантаження циліндра, не має перевищувати 0,5 МПа. Висування штока основного циліндра має відбуватися не більш як за 2,5 с, повернення у початкове положення до автоматичної зупинки – 1-2,5 с.

Герметичність циліндра перевіряють під тиском масла 15 МПа, затримуючи рукоятку гідророзподільника у кожному робочому положенні протягом 30 с. Просочування масла не допускається.

Шланги високого тиску випробують на герметичність за тиску 20 МПа протягом 5 хв.

## Ремонт кузовів і кабін.

Деталі кузовів і кабін у процесі експлуатації зношуються, з'являються тріщини, пробоїни, прогини і перекося, порушуються системи водозабезпечення, герметичності тощо. У випадку ремонту кабін і облицювань тракторів та автомобілів значна роль належить жерстяницьким роботам з правлення вм'ятин, вирізання пошкоджених місць, виготовлення і припасування латок простих і складних конфігурацій під зварювання, виготовлення окремих деталей тощо. Найпоширеніші такі способи зварювання, як газове, електродугове у середовищі  $\text{CO}_2$ , електроконтактне.

Поверхні із вм'ятинами, тріщинами, розривами або пробоїнами правлять і заварюють місце розриву металу, а потім зачищають зварні шви.

Під час зварювання деталей із тонколистової сталі можливі пропалювання і короблення. Для зниження вірогідності з'явлення цих дефектів рекомендується застосовувати спочатку прихватку зварного з'єднання у кількох точках, а потім проварювання послідовними ділянками. У випадку короблення, застосовують механічне правлення з обов'язковим нагріванням деформованої ділянки.

Вм'ятини за товщини металу понад 2 мм правлять із застосуванням газополуменевого нагрівання. Деталі завтовшки 2-3 мм нагрівають у зоні правки до  $650-700^\circ$ , а завтовшки 4-5 мм – до  $850-900^\circ\text{C}$ . Дюралюмінієві деталі правлять із нагріванням до  $350-470^\circ\text{C}$ . Ширина зони нагрівання не має перевищувати п'ятикратну товщину листа, який правлять. Довжина зони нагрівання визначається величиною вм'ятини. Нагрівання виконують з опуклого боку вм'ятини, а смуги нагрівання розміщують по схилу опуклості на відстані 80-100 мм від межі.

Під час ручного рихтування використовують рихтувальний молоток і підтримку, які підбирають за кривизною ремонтваних панелей. Механізоване рихтування виконують пневматичним молотком, попередньо змастивши маслом поверхню деталі.

Рихтування вважають закінченим, якщо шорсткість не відчувається долонею руки.

## Лекція № 15

### Ремонт обладнання для тваринництва, технологічного, електросилового і підйомно-транспортного обладнання.

#### Особливості умов експлуатації обладнання для тваринництва.

Рослинна маса, гній, корми, а також мікроклімат тваринницьких приміщень належать до сильних корозійно активних середовищ, тому робота певної групи деталей машин і обладнання тваринництва супроводжується корозійно механічним зношуванням під час тертя по твердих мінеральних частинках, які містяться в атмосфері і перероблюваних матеріалах, у присутності органічних кислот, вологи, електролітів і газів. Переривчаста робота машин і обладнання у тваринництві сприяє процесам утворення і руйнування поверхневих плівок і послаблених корозією поверхневих структур металу деталей, що також посилює процес її зношування.

Оскільки обладнання тваринницьких ферм, як правило, має великі габаритні розміри і його складно транспортувати у ремонтні підприємства, найдоцільніше застосовувати агрегатний метод ремонту.

#### Ремонт машин і обладнання для приготування кормів.

У машинах для приготування кормів найінтенсивніше зношуються робочі органи: дробильні молотки, різальні і протиризальні пластини, ножі, решета, деки. Поверхні цих деталей зношуються нерівномірно.

Основним показником необхідності ремонту машини є зниження продуктивності. Наприклад, молоткові дробарки ремонтують за зниження продуктивності на 30-40 %, подрібнювачі кормів – на 20 %.

Істотний вплив на величину енерговитрат і якості роботи мають конструктивні параметри різальної пари та її технічний стан: гострота леза, встановлення ножа і кут різання, а також величина зазору між лезами ножа і протиризальної пластини. Гострота леза оцінюється товщиною його робочої кромки, для соломосилосорізок вона знаходиться в межах  $\delta = 20-40$  мкм (рис. 1, а). У разі затуплення леза в процесі експлуатації допускається збільшення товщини леза до  $\delta = 100$  мкм, після чого ніж підлягає перезаточуванню.

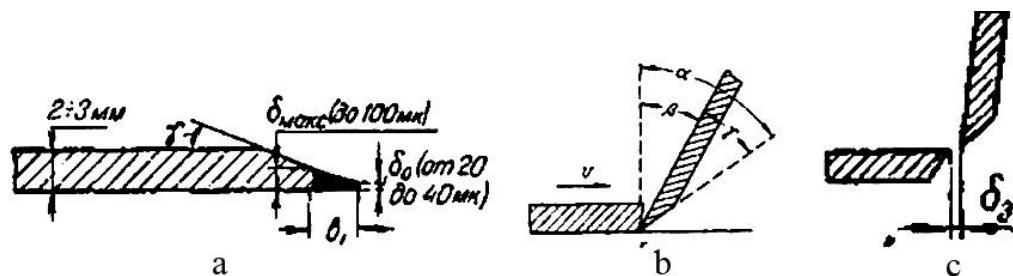


Рис. 1 – До обґрунтування гостроти леза (а), кута заточування ножа (b) і величини зазору різальної пари (с)

Для соломосилосорізок кут заточування ножа  $\gamma = 12-22^\circ$ . Вживані високовуглецеві сталі марок У9 і 65Г з термообробкою робочої зони завширшки 20-30 мм до твердості 47-56 HRC забезпечують можливість тривалої роботи ножів соломосилосорізок. Кут заточування безпосередньо зв'язаний з кутами різання  $\alpha$  (рис. 1, b) і установки  $\beta$ , величина яких вибирається з врахуванням прийнятих розмірів різального апарату і режимів його роботи. Чистий зріз досягають регулюванням зазору між різальною кромкою ножів і протирізальною пластиною. Ножі регулюють, головним чином, стопорними гвинтами і середнім регулювальним гвинтом. Якщо необхідно, між дисками ножового барабана і ножем установлюють регулювальні прокладки. Зазор між його лезами і протирізальною пластиною має бути однаковим уздовж всієї довжини барабана і становити 0,5-0,8 мм (рис. 1, c).

Ножі заточують на наждачному камені з подальшим доведенням на вологому камені. Заточені леза ножів повинні мати товщину не більше 0,25 мм на всій різальній кромці. Різальна кромка ножа має бути рівною, а її лінія – відповідати формі вигину ножа. Якщо механічним способом ніж виправити не вдається, його ремонтують ковальським способом. Потребу у заточуванні ножів оцінюють візуально. Через 10-20 заточувань ніж замінюють, а протирізальну пластину перевертають на інший бік.

Ремонт машин для приготування кормів передбачає відновлення різальних органів заточуванням на універсально-заточувальному верстаті типу ТА-255 з використанням спеціальних пристроїв. Для компенсації значних зносів застосовують ковальське відтягування або наплавлення під шаром флюсу дротом Св-08. Доцільно також наплавляти шар твердого сплаву типу Сормайт № 1 для створення умови самозаточування (рис. 2).

У дробарках найінтенсивніше зношуються молотки (фрези),

решета, колосникові деки, коромисла й інші елементи дробильного ротора, дробильної камери і вентилятора.

До найбільшого зносу схильні молотки, розташовані на краю ротора, де проходить «заклинювання» продукту між молотками і дробильною камерою. Схема зносу молотка показано на рис. 3. Зношені молотки повертають іншим боком, гострими кутами за напрямом удару. Після зносу всіх сторін молотки замінюють новими. Молотки переставляють комплектами, кожен молоток і втулку розпору ставлять на своє місце. Різниця у вазі комплектів молотків, встановлених на протилежних осях, має не перевищувати 10 г.

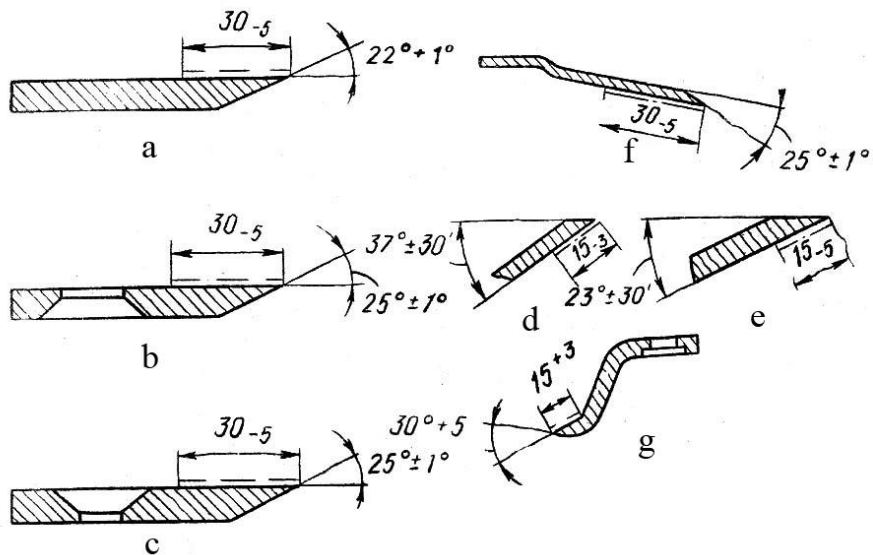


Рис. 2 – Кути заточування і ширина наплавленого шару ножів у різних машин для подрібнення кормів: а – універсальна кормодробарка; б, с – соломосилосорізка; f, d – подрібнювачі коренеплодів; е – агрегат для приготування кормів; г – подрібнювач «Волгарь – 5,0»

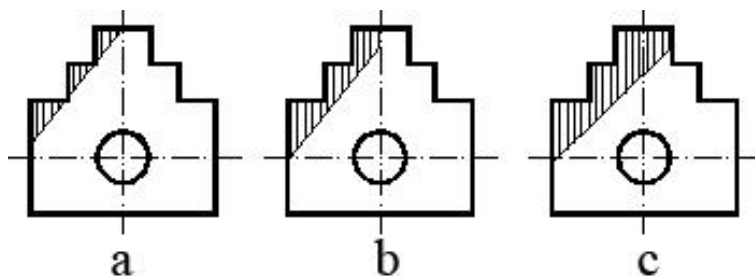


Рис. 3 – Схема зносу молотка дробарки кормів: а – межа зносу не дійшла до осі молотка – переставлення молотка передчасне; б – межа зносу дійшла до осі молотка – молоток слід переставити; с – межа зносу вийшла за вісь молотка – переставлення запізно

Неврівноваженість дробильного ротора знижує довговічність вузлів машини, головним чином підшипників і валів. Тому, дробильний ротор потрібно балансувати в зборі із всіма деталями, але без молотків, після кожного ремонту. До установлення молотків зібраний ротор може мати такий же дисбаланс, як і ножові барабани подрібнювачів кормів.

Для статичного балансування дробильних роторів з шарнірними молотками на збалансований ротор установлюють заздалегідь підібрані за вагою комплекти молотків з різницею у вазі комплектів 5 г для нових молотків і 10 г для вживаних.

Гладкі решета мають переваги відносно міцності. Крім того, таке решето з циліндровими отворами, так само як і молоток, може працювати в чотирьох положеннях (двічі після зносу граней отворів його повертають навколо горизонтальної осі і двічі – навколо вертикальної осі). Після двох переставлень решето прогинають в протилежний бік на спеціальних верстатах.

Майже всі дробарки кормів забезпечені запобіжними елементами для зупинки дробильних роторів. Як запобіжні елементи використовують муфти або шківні з штифтами або пальцями, що зрізуються при цьому жорстко з'єднують вал ротора з приводом У разі потрапляння в дробарку металевого предмету або каменю, палець або штифт зрізується, дробильний ротор зупиняється, а привідний шків починає працювати вхолосту.

У зубчастих запобіжних муфтах швидко зношуються зубчасті поверхні шайб. Шайби виготовляють із сталі 5 і гартують до твердості 27-45 HRC. Зубчасті шайби із зубцями, зношеними до висоти менше 5 мм, ремонтують висадкою (попереднє нагріту до температури 830-900°C) в спеціальному пристосуванні на пневматичному молоті. Після цього у шайби зачищають задирки, потім нагрівають до температури 810-830°C і гартують у воді. Зношені зубці шайби можуть бути відновлені також наплавленням електродами. Перед наплавленням шайбу рекомендується підігріти до температури 600-650°C. Після наплавлення зубчасту шайбу нагрівають до температури 800°C, установлюють у пристосування, що складається з пуансона і матриці, та ударами молота або пресом відновлюють первісну форму зуба.

У фрикційних запобіжних муфтах зношуються накладки, які під час ремонту замінюють. Нові накладки приклепують до листів

порожнистими мідними або латунними заклепками або приклеюють клеєм за типовою технологією.

### **Ремонт обладнання для машинного доїння, первинної обробки і переробки молока.**

Перед ремонтом все обладнання для машинного доїння промивають і дезінфікують мийними розчинами синтетичних порошків Л, Б і В, сульфоналу, кальцинованої соди або засобів «Детергент», «Дезмол» чи «Тріас-1». Дезінфекцію виконують розчинами хлорного вапна, хлораміну або гідрохлориду кальцію.

Основні несправності доїльних установок виникають у вакуумних насосів, вакуумпроводах, молокопроводах та доїльних апаратах.

Ремонт ротаційних вакуумних насосів. У доїльних установках використовують вакуумні насоси типу РВН40/350, УВБ 02.000 і ВЦ40/130. Під час експлуатації деталі насоса зношуються, як результат – збільшуються зазори: радіальний (між циліндричною поверхнею ротора і робочою поверхнею корпусу у місцях найбільшого їх наближення), осьовий (між торцями ротора і лопаток та торцевими поверхнями кришок), а також між пазами ротора і лопатками. Збільшення зазорів призводить до зниження продуктивності насоса і вакууму.

Тріщини, що не виходять на робочу поверхню і злам бобишок у корпусів і кришок вакуумних насосів, відновлюються заварюванням або наплавленням дротом ПАНЧ-11 ТУ 48-21-593-85. Зношені робочі поверхні корпусів розточуються до виведення слідів зносу з подальшим хонінгуванням, але не більш  $\varnothing 149$  мм – УВБ.02.000,  $\varnothing 149,2$  мм – РВН40/350, ВЦ40/130.

Циліндричну поверхню ротора шліфують до виведення зносу і задирів, але не менш  $\varnothing 122,5$  мм – УВБ.02.000,  $\varnothing 129,4$  мм – РВН40/350, ВЦ40/130.

При цьому зношені торцеві поверхні корпусу, ротора і лопаток обробляють до ремонтного розміру: шліфуванням – у корпусу і ротора, фрезеруванням – у лопаток. Зношену робочу поверхню корпусу вакуумного насоса розточують з подальших хонінгуванням або хонінгують алмазними брусками жорсткими хонами. Останній спосіб проводять за два прийоми. Спочатку, попереднє хонінгування великозернистими брусками із зніманням 0,15-0,35 мм (до

виведення слідів зносу), після чого остаточне хонінгування дрібнозернистими алмазними брусками із зніманням 0,002-0,04 мм.

Зношені посадочні місця валу ротора під підшипники, шків і ущільнення відновлюють наплавленням у середовищі вуглекислого газу з подальшою механічною обробкою.

У подальшому, намагаючись забезпечити нормальний зазор між ротором, який має зменшений діаметр, і корпусом, що має збільшений діаметр, ротор з кришками під час складання зміщують відносно корпусу шляхом фрезерування овальних отворів під болти в кришках корпусів з подальшим установленням штифтів ремонтного розміру або фіксації штифтів у розсвердлених отворах кришок заливанням бабіту.

Обкатування і випробування насосів. Після ремонту, ці операції проводять на стенді на режимах, зазначених у таблиці 1. Після обкатування визначається продуктивність насоса і граничний залишковий тиск (максимальний вакуум).

Температура деталей вакуумного насоса наприкінці обкатування має не перевищувати температуру навколишнього повітря більш ніж на 60°C.

**Таблиця 1 – Параметри обкатування вакуумних насосів**

Послідовність обкатування на режимах	Частота обертання ротора, хв <sup>-1</sup>	Залишковий тиск кПа (дані вакуумметра, кПа)	Час обкатування, хв	Змащувально-охолоджувальна рідина
1	720	$\frac{48 \pm 2}{52 \pm 2}$	20	Водний розчин емульсола ЕТ-2
2	1430±10	$\frac{11 \pm 2}{13 \pm 2}$	30	Водний розчин емульсола ЕТ-2
3	1430±10	$\frac{48 \pm 2}{52 \pm 2}$	90	Мінеральна олива М-10В <sub>2</sub> ГОСТ 8581

Ремонт вакуум-проводів і молокопроводів виконують у разі порушення герметичності, яку визначають індикаторами КИ-4840. При цьому пошкодженні ділянки труб замінюють, тріщини і пошкодження зварних швів у трубах, корпусах, каркасах і кришках заварюють електрозварюванням. Відремонтовані вакуумні магістралі випробовують на герметичність опресовуванням водою під тиском 0,15 МПа з подальшою перевіркою вакуумом. Молочні лінії перевіряють на герметичність за вакууму 56,5 кПа, який має не знижуватися протягом 5 хв більш як на 14,6 кПа.



Ремонт доїльних апаратів. Основними дефектами доїльних апаратів є втрата початкових властивостей соскової гуми доїльних стаканів, тріщини і пробоїни доїльного відра і деформація бокової та торцевої поверхонь горловини відра.

Соскову гуму у випадку втрати пружності піддають відпочинку протягом місяця. За зусилля 60 Н довжина гуми має становити  $155 \pm 2$  мм. Якщо вона більша, то гуму обрізають. Для одного доїльного апарата гуму підбирають однакової жорсткості. Тріщини і пробоїни доїльного відра і на стакані заварюють газовим зварюванням, застосовуючи алюмінієвий присадний дріт і безлітєвий флюс, або напівавтоматичним зварюванням у середовищі аргону. Порушення геометричної форми поверхонь горловини відра усувають правлінням з подальшим зачищенням поверхні наждачною шкуркою. Складений доїльний апарат перевіряють у роботі під вакуумом, після чого дезінфікують.

Ремонт обладнання для первинної обробки молока. Характерними несправностями холодильних установок є втрата герметичності (протікання хладону і масла), забрудненість внутрішніх поверхонь трубопроводів і складальних одиниць, знос деталей компресора, порушення регулювань і поломка приборів автоматики. Протікання хладону виявляють галоїдними, спиртовими, пропановими, бензиновими лампами або полімерними індикаторами. Робота ламп ґрунтується на властивості хладону розкладатися за температури  $600-700^{\circ}\text{C}$  з утворенням хлористого і фтористого водню, які у присутності розжареної міді фарбують полум'я у зелений колір, а якщо хладону багато, то полум'я має яскраво-блакитний колір.

Усунення негерметичності з'єднань виконують їх підтягуванням. За наявності негерметичності у місцях з'єднання мідних трубок із штуцерами, яка не усувається підтягуванням, їх від'єднують, відрізають і розвальцьовують пристроями (рис. 4).

Після усунення негерметичності із системи відкачують хладон, випробовують її тиском газу, вакуумують, під'єднуючи вакуумний насос, і витримують під тиском 0,5 МПа протягом 0,5 год та заправляють хладоном.

Ремонт компресора виконують за зниження холодопродуктивності на 20 % і більше від номінальної або за його технічним станом. Визначення технічного стану і обкатування компресора проводять на спеціальному стенді.

У випадку зносу робочої поверхні циліндрів блока до 2 мм, її

відновлюють електролітичним залізненням з подальшим пористим хромуванням і механічною обробкою до розміру за робочим кресленням.

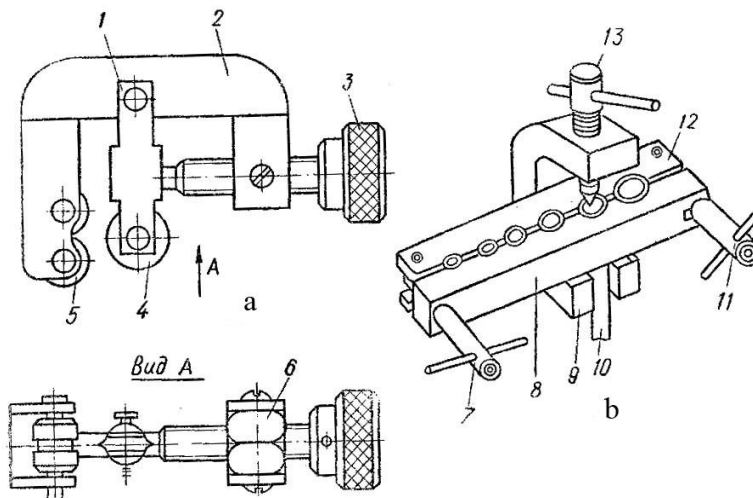


Рис. 4 – Труборіз (а) і пристрій ПТ-265.10 для розвальцьовування трубок (b): 1 – поводок; 2 – корпус; 3 – гвинт; 4 – ролик; 5 – ніж; 6 – гайка; 7, 11, 13 – гвинти; 8, 12 – планки; 9 – скоба; 10 – розвальцьована трубка

У випадку появи раковин і зносу дзеркала циліндрів понад 2 мм циліндри відновлюють встановленням вставок з пружинної стрічки з подальшим хонінгуванням до розміру за робочим кресленням.

Шатунні шийки колінчастих валів шліфують до одного із стандартних ремонтних розмірів, а корінні – наплавляють у середовищі вуглекислого газу з подальшим обробленням до розміру за робочими кресленням.

Нижню головку сталених шатунів відновлюють її розточуванням і заливанням бабітом марки Б83 або Б88 з подальшою механічною обробкою. Зношені площини прилягання клапанів усувають притиранням за допомогою корундового порошку.

Складений компресор обкатують протягом 60 хв із застосуванням масла ХФ12-16 на повітрі без хладону за тиску не більше 0,2 МПа. Кожний обкатаний компресор перевіряють на об'ємну продуктивність і щільність всмоктувальних і папірних клапанів.

### Ремонт транспортерів.

У тваринництві для виконання різних механізованих робіт застосовують транспортери: скребкові, стрічкові, стрічково-ковшові,

тросово-шайбові, канатні тощо.

Для всіх транспортерів загальним показником їх строку служби є довговічність деталей тягових органів (ланцюгів, тросів, стрічок тощо).

Ремонт устаткування для видалення екскрементів. Термін служби транспортерів для видалення екскрементів визначається довговічністю деталей тягових органів (ланцюгів, тросів, стрічок, зірочок та інших), що викликане умовами їх роботи.

Можливі несправності скребкового транспортера, їхні причини і способи усунення наведені в таблиці 2.

**Таблиця 2 – Можливі несправності скребкового транспортера, їхні причини і способи усунення.**

<b>Несправність</b>	<b>Причина</b>	<b>Спосіб усунення</b>
Холоста частина ланцюга рухається ривками	Недостатньо натягнутий ланцюг	Натягнути ланцюг
Обірвався ланцюг горизонтального транспортера	Переобтяжений транспортер, недостатньо натягнутий ланцюг	Скріпляти ланцюг за допомогою сполучної ланки. Після цього натягнути ланцюг
Зіскакує ланцюг похилого транспортера з нижньої зірочки	Недостатньо натягнутий ланцюг. Ланцюг з скребками примерзає до корита ( у зимовий період, мінусова температура)	Натягнути ланцюг. Очистити жолоб і скребки від залишків екскрементів
Відгинаються і навіть ламаються скребки горизонтального транспортера	Скребки зачіпають за стінки жолоба або його нерівну підлогу, потрапили сторонні предмети, несправне пристосування для підймання скребок	Усунути дефекти екскрементного жолоба
Електродвигун вмикається, але ланцюг не рухається	Недостатнє натягнення клинових ременів привідної станції	Зняти щиток і натягнути ремені

За потреби тяговий ланцюг укорочують, вирізаючи три ланки, з подальшим з'єднанням кінців ланцюга за допомогою сполучної ланки, в якій вирізана ділянка з одного боку. Після з'єднання ланцюга вставку (вирізана ділянка ланки) ставлять у проріз сполучної ланки і приварюють електродуговим зварюванням.

Під час ремонту скребкових транспортерів відновлюють крок

ланцюга. Зі всіх спо-собів ремонту ланцюгів найбільш економічний і технологічно вигідний той, за якого планки відновлюють обтисканням (пластичним деформуванням) в нагрітому стані, а зношені сполучні осі замінюють новими.

Нагрів відновлюваних планок рекомендується проводити на високочастот-ній установці. В спеціальному індукторі до встановлення можна одночасно на-грівати від двох до чотирьох планок за 6-7 с до температури 850-900°C.

Відновлені планки зміцнюють. Найбільш поширений спосіб зміцнення – термічна обробка (гартування у воді з подальшим відпуском). Загартовані пла-нки ланцюгів піддають відпуску. Температура відпуску вибрана  $390 \pm 10^\circ\text{C}$  з урахуванням необхідних механічних властивостей планок, що відповідають умовам їх роботи.

Під час ремонту скоб і скребків ланцюга правлять деталі, заварюють зношені і свердлять нові отвори кріплення, приварюють додаткові деталі (наклад-ки) на зношені поверхні. Зігнуті і скручені скребки правлять на пресі без нагріву. Для правлення застосовують спеціальний штамп.

Зношену поверхню п'яти скоби відновлюють методом приварювання дода-ткової деталі (накладки), виготовленої за формою поверхні скоби з пластини розміром  $50 \times 55 \times 5$  мм. Знос отвору кріплення в скребках і скобах заварюють електрозварюванням і про-свердлюють нові отвори номінального розміру за до-помогою кон-дукторів.

Сполучні осі ланцюгів, зазвичай, не відновлюють, а замінюють новими, виготовленими з каліброваного прокату.

Ремонт канатних транспортерів. Основним параметром, який визначає момент вибракування канатних транспортерів, є знос або корозія понад 60 % від початкового діаметра дротин канату або обрив трьох пасм на одному кроці сукання. Деталі канатних транспортерів, як правило, не ремонтують, а заміню-ють новими.

Ремонт стрічкових транспортерів. У стрічкових ковшових транспортерах основними дефектами є випуклості, зрив гуми, обрив ниток і розшарування. За наявності вказаних дефектів по всій довжині пас вибраковують, а на окремих ділянках – ремонтують заміною дефектної частини. У цьому випадку не повинно бути більше трьох з'єднань по всій довжині паса.

Ремонт шнекових транспортерів. У шнекових транспортерах

шнеки замінюють і ремонтують у разі виявлення згинів і зламів валів, деформації витків і спіралі, руйнуванні зварних швів.

Операції з ремонту шнеків виконують на окремих верстатах або підставках, які дозволяють виконувати рихтувальні і зварні роботи.

Після складання транспортер випробують вручну. Обкатують його протягом 0,5 год на холостому ходу, прослуховуючи роботу всіх вузлів, і 1 год – під навантаженням, впевнюючись у відсутності втрат матеріалів, що транспортуються.

### **Ремонт стригальних машин.**

Стригальні машини можуть мати такі дефекти: знос ножа і гребінки різального апарата, підп'ятника і паза важеля, шийки ексцентрика і ролика, шийки передавального валу і втулки внутрішнього і зовнішніх кожухів, привідних ше-стерень, упорного стрижня і підп'ятника, деформація важеля, а у машинок з механічним приводом – пошкодження осердя і панцира привідного валу.

Деталі розібраної стригальної машинки промивають у гасі або в 5%-ному содовому розчині з подальшим протиранням насухо.

Ніж і гребінку з тріщинами замінюють новими. Затуплені гребінку і ніж заточують на точильних апаратах типу ТА-1, попередньо усунувши торцеве биття диску точильного апарата (не більше 0,3 мм) і спотворення його геометричної форми. Указані дефекти диска усувають проточуванням. Після заточування різальні кромки ножа і гребінки не повинні мати задирки, просвіт між робочою поверхнею і лекальною лінійкою – не перевищувати 0,05 мм. Загострені кінці лез гребінки затуплюють на наждачному камені.

Зношений паз важеля розвірчують під ремонтний розмір. Деформований важіль правлять за шаблоном. Зношені вусики натискних лапок видаляють з наступним встановленням і кріпленням зварюванням нових. Перекіс кріплення гребінки понад 0,01 мм усувають шліфуванням. Зношені палець і ролик кривошипа замінюють новими.

Пошкоджені місця панцира гнучкого валу відрізають, надіваючи на пошкоджене місце трубку і припаюючи її до панцира. Обірвані кінці осердя проपाюють на довжину 30-35 мм, а потім з'єднують розрізною мідною втулкою, обтискають і припаюють до неї.

Різальні кромки сегментів ножа, у крайніх мертвих точках, не

мають виходити за межі гребінки. Поздовжній люфт передаточного валика і валика ексцентрика допускається не більше 0,4 мм.

### **Ремонт обладнання птахоферм та інкубаторів.**

Найкращим методом ремонту обладнання птахоферм та інкубаторів є агрегатний, за яким несправні вузли замінюють новими або попередньо відремонтованими. У випадку відсутності обмінного фонду, ремонт обладнання проводять індивідуальним методом.

Ремонт лінії гнізд. Під час ремонту лінії гнізд виконують такі операції: часткове розбирання і складання гнізд, з метою заміни дефектних деталей; правлення деформованих ділянок мережі; заварювання тріщин і розрив зварювальних з'єднань тощо.

Розбирають лінію гнізд у випадку заміни деталей, які не підлягають відновленню.

Ремонт системи водозабезпечення. У системі водозабезпечення основними несправностями є: підтікання води у з'єднаннях, пробоїни днища напувалок, порушення роботи запірного вентиля і водорегулювального бачка.

Мікрочашкові напувалки, з'єднувальні елементи (кільця, шланги, муфти), водовідні труби, ущільнення з дефектами не ремонтують, а замінюють новими.

Порушення роботи запірного вентиля, зазвичай, виникає у випадку руйнування ущільнень, появи значних відкладень на золотнику чи шпінделі або зривання нарізі шпінделя. Відкладання солей на деталях запірного вентиля видаляють механічним способом.

Шпindel запірного вентиля вибраковують у разі зривання більше однієї нитки нарізі.

Основними дефектами водорегулювального бачка є засмічення клапана поплавкового механізму, прориви, пробоїни сітки фільтра, пошкодження поплавка.

Засмічений отвір корпусу очищають м'яким дротом і промивають. Деталі водорегулювального бачка, які мають пошкодження, ремонту не підлягають, їх замінюють новими.

### **Ремонт водопровідного та водонапірного обладнання.**

Ремонт водопровідного обладнання. Водопровідне обладнання, як правило, ремонтують у випадку появи негерметичності

внаслідок розриву зварних швів і з'єднань, тріщин і наскрізних проржавлень у сталевих трубах, пошкодження стиків чавунних, азбоцементних, поліетиленових та інших труб, несправності водозапірної арматури.

Незначні пошкодження сталевих трубопроводів усувають ручним зварюванням, установленням хомутів і накладок. Дефекти із значними розмірами усувають заміною ділянки трубопроводу на пластиковий, з використанням спеціальної арматури і апарату для зварювання пластмаси.

У випадку заміни пошкодженої частини трубопроводу металевими трубами окремі частини з'єднують за допомогою фланців або зварюванням.

Відремонтовані трубопроводи випробовують на окремих ділянках (800-1000 м), створюючи тиск, який перевищує робочий на 0,5 МПа у чавунних трубах, у сталевих – на 1 МПа, в азбоцементних та інших – на 0,3 МПа,

Після випробування водопровідну мережу дезінфікують 0,1-0,2 % розчином хлорного вапна і промивають водою до видалення запахів.

Ремонт водозапірної арматури. У водозапірній арматурі у процесі експлуатації можуть виникнути такі дефекти: тріщини і знос рухомих частин, зрив нарізки, знос і пошкодження сальникових ущільнень і ущільнюваних поверхонь. Сальники і сальникові ущільнення, як правило, замінюють.

Ремонт агрегатів і насосів водозабезпечення. У тваринництві, для водозабезпечення, використовують електронасосні відцентрові свердловинні агрегати і відцентрові консольні насоси для води. У випадку зниження подачі води на 25 %, виходу із ладу обмотки електродвигуна, осьового зазору, який перевищує допустимий, агрегат і насоси ремонтують.

Особливістю ремонту агрегатів і насосів для водозабезпечення є підвищений обсяг очисних робіт з видалення іржі травленням розчинами сірчаної кислоти концентрацією до 200 г/л або пастами. Для сповільнення реакції металу з кислотою у розчин додають (до 5 г/л) інгібітори (етиленамін, тіогліколь тощо).

До основних дефектів деталей насосів належать знос сальників і сальникових ущільнень, тріщини корпусних деталей, знос посадочних поверхонь, шпонкових пазів, знос або зривання нарізки, згин валів.

Сальникові ущільнення і деталі, виготовлені з полімерних матеріалів, не відновлюють, а замінюють.

Дефекти деталей, перераховані вище, усувають за типовою технологією.

Насос до з'єднання з електродвигуном перевіряють на герметичність.

Складений насос з електродвигуном обкатують і випробовують не менше 30 хв у номінальному режимі.

### **Ремонт систем каналізації, вентиляції і опалення.**

Ремонт системи каналізації. Технологічний процес ремонту передбачає: промивання трапів, каналізаційних і колекторних труб; очистку сифонів, санітарних приладів і вентиляційних стояків від бруду і нашарувань; заміну пошкоджених фасонних частин і нарізних з'єднань; усунення пошкоджених труб з подальшою перевіркою їх герметичності; відновлення порушених стикових з'єднань. Систему каналізації промивають водопровідною водою до повного видалення осаду в трубах і арматурі під напором 0,03 МПа, після чого візуально перевіряють лінійність каналізаційних труб на ділянці між оглядовими колодязями.

Порушені стикові з'єднання розтрубів чавунних труб ремонтують шляхом вирубання ущільнення з подальшим зароблюванням стику. Тріщини і свищі у чавунних трубах заварюють електрозварюванням. Крім того, тріщини у чавунних трубах і фасонних частинах, сифонах і санітарних приладах зароблюють сполуками на основі епоксидних смол. Пошкоджені керамічні і азбоцементні труби замінюють новими.

Ремонт системи вентиляції. Технологічний процес ремонту передбачає: очистку від пилу та бруду обладнання вентиляційної камери і повітроводу; перевірку надійності кріплення і технічного стану електродвигунів, вентиляторів і калориферів; усунення нещільностей у з'єднаннях повітроводу і заміну фасонних частин та ділянок вентиляційних труб, пошкоджених корозією і сильно деформованих.

Пошкоджені складні деталі повітроводів замінюють новими, виготовленими у спеціалізованих майстернях. Прості секції повітроводів виготовляють із оцинкованого заліза на місці їх експлуатації за шаблонами. Потім їх ґрунтують і фарбують стійкою проти кислоти фарбою.



Ремонт вентиляторів і калориферів виконують за загально прийнятою тех-нологією.

Ремонт системи опалення виконують у випадку просочування повітря і пари в паротрубопроводах, нагрівальних приладах, конденсаційних пристроях і дефектів запірної арматури. Дефекти виявляють зовнішнім оглядом і гідравлічним випробуванням під тиском води 0,2 МПа.

Нещільності у з'єднаннях труб, нагрівальних приладах і запірній, регулювальної арматурі усувають заміною ущільнювачів. За допомогою газового або електродугового зварювання усувають дефекти трубопроводів котельних, паропроводів і батарей із гладеньких труб (регістрів). Несправні нагрівальні прилади замінюють новими. Замінюючи реєстри, не слід змінювати проектне положення установки. Під час ремонту системи опалення перевіряють стан компенсаторів і працездатність коткових і ковзних опор паропроводів. Крім того, паропровід повинен мати нахил у бік руху пари, не мати порушень лінійності, що дозволяє уникнути нагромадження бруду конденсату і гідродинамічних ударів.

### **Ремонт обладнання для отримання гарячої води і пари.**

Для ремонту на місці встановлення обладнання працівники ремонтної бригади повинні мати дозвіл на ремонт котлів і обладнання, які працюють під тиском.

Важливою частиною технологічного процесу ремонту обладнання для отримання гарячої води і пари є очищення від накипу.

Очищення обладнання від накипу виконують хімічними і механічними способами (рис. 5, а). Найпоширенішим способом хімічного очищення котлів є очищення розчином соляної кислоти, рідше використовують розчини фосфорної і хромової кислот. Механічне очищення виконують за допомогою пристроїв з електро- або пневмоприводом (рис. 5, б). Від пухких відкладень котли очищають металевими щітками, від твердих – головками. Еліпсоїдні головки (рис. 5, с) застосовують для попереднього очищення сильно забруднених труб. Кінцеве очищення виконують головками розкидного типу (рис. 5, d).

Ремонт котлів і пароутворювачів. Характерними несправностями котлів і пароутворювачів є: порушення у місцях зварювання; прогорання і тріщини колосникової решітки; тріщини у топкових і попільних дверцятах; тріщини, прогорання і корозійне руйнування

димової камери і труб; пошкодження та знос деталей насоса і несправності приладів системи автоматики.

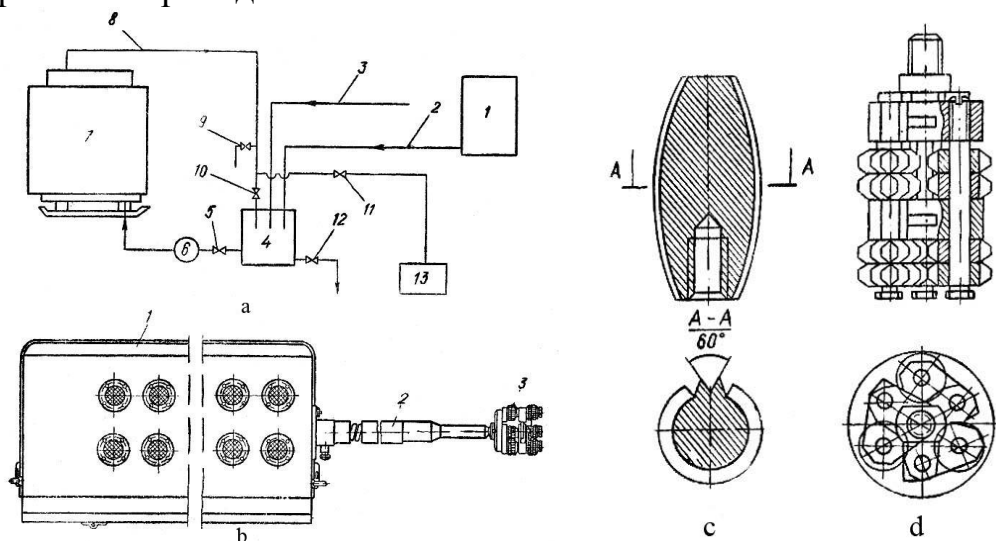


Рис. 5 – Способи очищення обладнання від накипу: а – схема хімічного очищення котлів з примусовою циркуляцією розчину: 1 – бак з кислотою; 2 – кислотна трубка; 3 – водяна труба; 4 – промивний бак; 5, 10, 11 – крани; 6 – насос; 7 – котел; 8 – зворотний трубопровід; 9 – кран відби-рання проб; 12 – спусковий кран; 13 – дренажна бак; б – пристрій для очищення котлів і пароутворювачів від накипу механічним способом: 1 – силова частина пристрою (електродвигун із з'єднувальною муфтою); 2 – гнучкий вал; 3 – змінна головка; с, d – еліпсоїдна і розкидна головки для механічного очищення кип'ятильних труб котлів від накипу

У випадку порушення швів у місцях зварювання шов зрубують і заварюють. Прогорілі колосникові решітки і відбивачі замінюють новими. Тріщини у топкових і попільних дверцятах та на корпусі живильного насоса заварюють електрозварюванням методом відпалювальних валиків. Тріщини у стінах котлів заварюють. До прогорілих стінок камери приварюють латки. Прогорілі або корозійно зруйновані циліндричні частини димової коробки посилюють накладками з внутрішнього боку. Прогорілі труби замінюють новими. Пошкоджені водогрійні труби ремонтують, вварюючи в них труби меншого діаметра. Випуклості і вм'ятини на стінках камери, димовій коробці і жарових трубах правлять.

Знос і ризики на робочих поверхнях запобіжних клапанів, вентилів і клапанів живильного насоса, а також їх гнізд усувають ме-

ханічною обробкою (шліфуванням, протягуванням або фрезеруванням) з наступним притиранням спря-жених деталей абразивними пастами. Кожний відремонтований запобіжний клапан випробовують на герметичність.

Складені одиниці і котел піддають гідравлічному випробуванню. Котел у складі випробовують під тиском 0,2 МПа протягом 5 хв.

Ремонт водоелектронагрівників. Основними дефектами водоелектронагрівників можуть бути тріщини кожуха і резервуара, пошкодження, трубопроводів, перегорання нагрівних елементів, знос і пошкодження температурного реле.

Тріщини кожуха заварюють газовим зварюванням, а резервуарів – елект-розварюванням. Перегорілі нагрівні елементи замінюють новими або виготовляють з ніхромового, фехралевого або константанового дроту. Зношені деталі температурного реле замінюють новими з подальшою перевіркою дії контактного механізму і регулюванням на відключення нагрівання за температури 85-90°C.

Резервуар і трубопровід холодної води випробовують тиском води 0,5 МПа протягом 5 хв. Складений і заземлений водоелектронагрівник випробовують на тривалість нагрівання води і параметри спрацьовування температурного реле.

### **Ремонт технологічного обладнання.**

До технологічного обладнання для ремонту машин належать: металорізальні верстати, ковальсько-пресове обладнання, устаткування для зварювально-наплавлюваних робіт, гальванічне та інше обладнання для виконання технологічних процесів у ремонтному виробництві.

Системою планово попереджувального ремонту обладнання передбачено періодичне виконання технічного обслуговування, міжремонтних оглядів і ремонту технологічного обладнання.

Передбачено виконання трьох видів планових ремонтів: малий (поточний), середній і капітальний.

Оскільки деякі види обладнання (у тому числі і верстатного) виготовляють невеликими серіями, то типова технологія їх ремонту може бути відсутня. З метою збереження взаємного розміщення деталей за наступного складання, під час розбирання на деталі наносять позначки сталевим клеймом, керненням або електрографом.

Особливими є методи дефектації таких деталей верстатного

обладнання, як станини, які за значних габаритних розмірів мають забезпечувати точність площинності і взаємного розміщення робочих поверхонь. На рис. 6 зображено схеми перевірки прямолінійності, паралельності і зігнутості напрямних станин за допомогою універсального контрольного мостика.

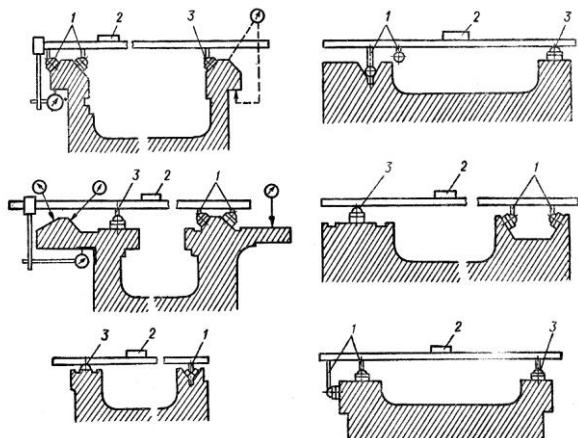


Рис. 6 – Схеми перевірки прямолінійності, паралельності і скрученості напрямних станин різного профілю і розмірів універсальним контрольним мостиком:

- 1, 3 – опори;
- 2 – рівень

Під час ремонту (відновлення) деталей обладнання використовують переважно ті самі технологічні способи, що й під час ремонту машин. Застосовують також шабрування, відновлення відламанних частин додатковим литвом, нарощування зношених деталей речовинами які самі твердіють (пластмаси на основі акрилових смол – акрипласти).

Важливе значення для верстатного обладнання мають операції перевірки верстатів на точність, які виконуються за спеціальними методиками.

Ремонт станин і супортів металорізальних верстатів. Переріз типової станини токарного верстата зображено на рис. 7. Найбільше зношуються поверхні 2 і 3 передньої напрямної супорта, менш інтенсивно – нижні поверхні 1, 5, 6, 9 і 10. Поверхні 4, 7 і 8 напрямних, на яких розміщена задня бабка, зношуються незначно. Цей знос неоднаковий за довжиною напрямних і залежить від розміру оброблюваних на верстаті деталей. Потрапляння на поверхню робочих площин станин окалини від деталей, стружки, пилу і продуктів зношування призводить до абразивного зношування, появи місцевого виробітку.

Під час ремонту станини у першу чергу зароблюють задири і вибоїни. Для цього застосовують замазку на основі епоксидної смоли ЕД-6 з додаванням наповнювача (алюмінієвої пудри, дрібної

чавунної стружки тощо). Задири і вибоїни усувають також заплавленням латунню або бронзою, з подальшою обробкою зароблення врівень з площиною напрямної.

Глибокі забоїни у напрямних усувають запресуванням чавунної пробки в отвір, отриманий після попереднього свердління і розвірчування. Після запресування, виступаючу частину пробки оброблюють врівень з площиною напрямної. Глибокі вибоїни усувають встановленням вставок на гвинтах.

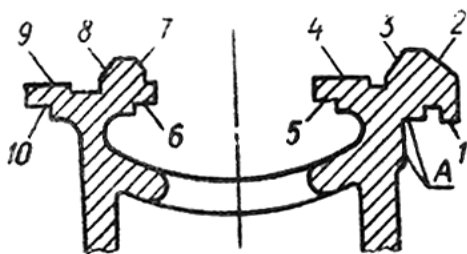


Рис. 7 – Переріз напрямних типової станини токарного верстата:

1-10 – поверхні зносу;

A – нижні площини напрямної, які найменше зношуються

Вибір способу відновлення напрямних станин залежить від величини їх зносу. Так, у разі зносу менше 0,1 мм напрямні шабрують або притирають пастою ГОІ; 0,1-0,3 мм – шліфують або шабрують; 0,3-0,5 мм – виконують тонке стругання з наступним шліфуванням або шабруванням; понад 0,5 мм – піддають грубому, а потім тонкому струганню, після чого шліфують або шабрують.

Супорти ремонтують тими самими методами, що й станини. У випадку значних зносів у напрямні супорта після фрезерування вставляють вставки. Матеріали вставок: пластичні маси – текстоліт ПТ, гетинакс; металеві сплави – монель-метал, латунь ЛМцС58-2-2, цинковий сплав ЦАМ10-5. Вставки із пластичних мас приклеюють клеєм БФ-2 або БФ-4, а з металевих сплавів – наплавляють або металізують.

Ремонт передньої і задньої бабки токарно-гвинторізних верстатів. У випадку зносу деталей передньої і задньої бабок порушується розмірний ланцюг, який визначає відстань між передніми і задніми центрами верстата. Внаслідок зносу напрямних площин порушується різниця висот між його передніми і задніми центрами. За умови встановлення підшипників шпинделя у спеціальних корпусах і фланцях знос отворів під підшипники компенсується заміною відповідних корпусів і фланців, з подальшим приганянням внутрішнього діаметра за підшипником і вивірюванням радіального биття (допустиме відхилення 0,01мм). За наявності великого

зносу, отвори розточують і запресовують або встановлюють на клей втулки у корпус передньої бабки.

Під час ремонту задньої бабки відновлюють точність спряження поверхонь мостика із станиною і корпусом, точність отвору корпусу і висоту центрів передньої і задньої бабок, ремонтують або виготовляють піноль, гвинт подачі та інші деталі. Отвір під піноль у корпусі ремонтують притиранням, розточуванням з наступним доведенням і заливанням акрилопластом. Притирання ремонтують мало зношені отвори, а піноль замінюють новою. При цьому, висоту центрів відновлюють установленням на напрямні мостика компенсаційних накладок.

Складання, обкатка і випробування. Після складання і вивірювання окремих складальних одиниць приступають до загального складання. Встановлюють базову деталь (станину), вивіряють її положення, перевіряють напрямні. До станини послідовно кріплять окремі вузли. При цьому, витримують взаємне розміщення їх відносно станини і між собою із дотриманням указаних у паспорті верстата допустимих відхилень. У процесі складання регулюють окремі складальні одиниці і деталі, підтягують клини, регулюють підшипники. Під час складання забезпечують надійне прилягання окремих вузлів до станини (зазор не більше 0,04 мм).

Випробування на холостому ході (обкатування) починають з самих малих обертів за мінімального навантаження і продовжують не менше 0,5 год. Після цього замінюють мастила. Випробування механізмів головного руху верстатів ведуть на всіх обертах, переходячи від малих до великих (двічі на кожному ступені). На максимальних обертах шпindel має обертатися не менше 1 год і до встановлення необхідної температури підшипників (для підшипників ковзання – до 70°C, для кочення – до 85°C).

Механізм подачі обкатують також на всіх подачах. У процесі обкатування звіряють дійсну кількість обертів, подач, ходів повзунів, швидкість переміщення вузлів з паспортними даними. Відхилення мають не перевищувати 5 %.

Випробування верстатів під навантаженням виконують шляхом обробки деталей-зразків на різних швидкостях за навантаження його до величини номінальної потужності приводу протягом не менше 30 хв і короткочасному перевантаження до 25 %. Допускається незначне підвищення шуму у зубчастих передачах і не допу-

скаються вібрації, які призводять до викришування різальної кромки інструмента.

Після вказаних операцій, виконують випробування на точність і жорсткість, за якого визначають: геометричну точність самого верстата, точність обробки виробів на ньому.

### **Ремонт електричного обладнання.**

У сільськогосподарському виробництві використовують асинхронні короткозамкнені електродвигуни трифазного струму потужністю до 132 кВт, синхронні генератори, електрообладнання водопідіймальних свердловин із заглибними електродвигунами, зварювальні трансформатори, генератори і перетворювачі, магнітні пускачі, автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі і перемикачі, рубильники, кнопки керування, теплові і проміжні реле, пристрої вбудованого температурного захисту.

Ремонт асинхронних електродвигунів. Можливі дефекти електродвигунів обумовлені сукупністю електричних і механічних пошкоджень. Найчастіше в електродвигунах виникає: обрив ланцюга, замикання між фазами обмотки або обмотки на корпус, міжвиткове замикання обмотки, пошкодження ізоляції і руйнування (розрив) провідників, знос підшипникових щитів, деформація пластин ротора і статора, згин валу ротора, обрив окремих стрижнів або замикаючих кілець, короткого замикання ротора, пошкодження контактних кілець фазового ротора тощо.

Для усунення несправностей в електричному ланцюгу статора пошкоджену обмотку знімають і намотують нову.

Обмотку статора, яка пройшла проміжні контрольні випробування на правильність вкладання і з'єднання котушок і електричну міцність ізоляції, трикратно просочують лаком МЛ-92 або ПЗ-933 з просушуванням в електропечі за автоматичного регулювання температури. Після вторинного проміжного контролю електричної міцності ізоляції, обмотку статора покривають електроізоляційними емаллями типу ГФ-92ХС, ГФ-92ГС і ЗП-91.

Для усунення механічних пошкоджень конструктивних елементів електродвигуна застосовують зварювання, наплавлення, паяння і деякі механічні операції.

Зношені посадочні місця під підшипники у кришках відновлюють поза-ванним залізненням, якщо знос становить до 1 мм на діаметр і відсутні забоїни і вм'ятини, або запресуванням втулки в

розточений отвір кришки у разі зносу понад 1 мм посадочних місць. Зношені посадочні місця під підшипники на валу ротора відновлюють наплавленням з наступним шліфуванням. Тріщини у кришках і корпусі електродвигуна заварюють, а тріщини і розриви замикаючих кілець ротора запаюють. Обриви стержнів ротора усувають перезаливанням алюмінію. Оплавлені ділянки активної сталі статора очищають від наплавленого шару або вирубають з наступним встановленням замість нього деталі з твердого ізоляційного матеріалу. Дефекти колекторів усувають обточуванням, шліфуванням і поліруванням. За значних дефектів колектор розбирають.

Контактні кільця фазного ротора у разі підгоряння, вибоїн, раковин проточують на токарному верстаті або шліфують і полірують абразивними шкурками № 00. Радіальне биття кілець не має перевищувати 0,05 мм. Дефектні ізоляційні деталі замінюють.

Після складання, електродвигуни випробовують і виконують такі операції: вимірювання опору обмоток (однієї відносно іншої і відносно корпусу); вимірювання опору обмоток постійному струму у холодному стані; випробування холостого ходу, електричної міцності міжвиткової ізоляції обмоток; вимірювання повітряного зазору між статором і ротором.

Ремонт пускозахисної апаратури і розподільних пристроїв напругою до 1 кВ. Всі види силових електроустановок оснащені пусковими, захисними, регулюючими і розподільними пристроями. До них належать рубильники, перемикачі, запобіжники, пакетні вимикачі, магнітні пускачі, автоматичні вимикачі, теплові реле тощо.

До типових несправностей і пошкоджень цієї групи пристроїв належать: надмірне нагрівання котушок пускачів, контакторів і автоматів; міжвиткові замикання і замикання на корпус; надмірне нагрівання контактів; великий їх знос тощо.

Дефекти рубильників, перемикачів і запобіжників усувають очищенням контактних поверхонь ножів патрона і губок від бруду, кіптяви і частинок оплавленого металу, підтягуванням кріпильних деталей і шарнірних з'єднань, забезпеченням щільності затяжки всіх контактних проводів тощо. Вхідження ножів у губки рубильників за цілком ввімкненого положення має не доходити до контактних площадок губок на 2-4 мм. Якість ремонту рубильників і перемикачів перевіряють десяти- п'ятнадцятикратним вмиканням і вимиканням.



Міжремонтний ресурс контакторів і магнітних пускачів визначається технічним станом утримуючої котушки. Характерні їх дефекти – пересушування і обгорання ізоляції, міжвиткові замикання і обрив. Кожен з цих дефектів вимагає заміни котушки новою або її перемотуванням відповідно до паспортних даних.

Дефекти кріпильних, пружних контактних пускачів і контакторів усувають так, як під час ремонту рубильників і перемикачів. Під час ремонту іскрогасильних камер контакторів і пускачів обгорілі частини замінюють.

Під час контролю справності контакторів і пускачів перевіряють рухомість контактних систем, механічні характеристики апаратів, якість ізоляції котушок і щільність контактних з'єднань.

### **Ремонт підйомно-транспортного обладнання (ПТМ).**

На підприємствах технічного сервісу застосовують найрізноманітніше підйомно-транспортне обладнання: мостові крани загального призначення вантажопідйомністю 5 і 10 т, однобалкові мостові крани з електроталями вантажопідйомністю 1-5 т, монорейки з електроталлю типу ТЗ, консольні поворотні крани вантажопідйомністю 0,125-3,2 т, підвісні і вантажонесучі конвеєри, гідравлічні та електромеханічні підйомники, домкрати, транспортні візки, підйомно-транспортні пристрої тощо.

Кранове обладнання після ремонту має відповідати правилам Держтехнагляду. Підйомно-транспортне обладнання найчастіше ремонтують комплексним знеособленим і агрегатним методом.

За придатністю до ремонту деталі ПТМ діляться на дві групи: ті, які неможливо або не дозволяється ремонтувати, і ті, які можна і дозволяється ремонтувати. До першої групи відносяться сталеві канати, підшипники кочення, гаки (за зносу у зіві понад 10 %), петлі, пружини з тріщинами і зломами, гальмівні накладки, клинові паси, скручені вали і вали з тріщинами. До другої групи належить решта типових і нетипових механізмів та деталей ПТМ.

Ремонт валів і осей. Основні дефекти валів і осей ПТМ типові для всіх видів машин, їх усувають загальноприйнятими методами. У зв'язку з наявністю у конструкціях ПТМ довгомірних валів, характерним дефектом є прогин, який усувають правленням. За частоти обертання валу менше 500 хв-1 допустимий прогин становить 0,15 мм на 1 м, але не більше 0,3 мм на всю довжину; понад 500 хв-1 – 0,1 мм на 1 м, але не більше 0,2 мм на всю довжину. Прогин

валів і осей менше 0,5мм усувають механічною обробкою, понад 0,5 мм – правленням без нагрівання. Застосовують також правку нагріванням з боку випуклості. Вал випрямляється під дією внутрішніх напружень.

Ремонт барабанів і блоків. Вказані деталі ПТМ не ремонтують у випадках: зменшення початкової товщини стінки барабана понад 25 %, зносу поверхні ручаю (жолоба) блока понад 50 % діаметра каната; наявності тріщин на циліндричній поверхні або маточині барабана і блока; зменшення початкової товщини стінки ручая блока понад 10%. У решті випадків вантажні барабани і блоки кранів відновлюють проточуванням ручаїв. Такий ремонт має за мету відновлення кута  $\alpha_n$  (рис. 8) прилягання каната до ручаю, оскільки його зменшення за зносу до  $\alpha_3$  і пов'язане з цим підвищення питомого навантаження негативно впливає на роботу каната.

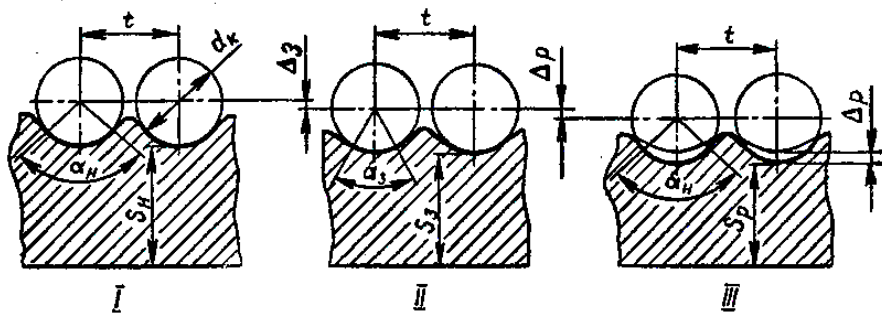


Рис. 8 – Схеми ремонту ручаїв барабану підйомно-транспортних машин: I – новий; II – зношений  $\alpha_3 < \alpha_n$ ; III – відремонтований проточуванням

У разі проточування міцність барабана перевіряють розрахунком у зв'язку із зменшенням товщини  $S_p$  стінки на  $\Delta_3 + \Delta_p$ . Допускають зварювання місцевих відколів і ненаскрізних тріщин у блоках. Зварювання циліндричної частини барабана лебідки дозволяється за наявності на ній однієї тріщини. Наплавлення чавунних блоків і барабанів та зварювання у них тріщин не дозволяється.

Ремонт металевих конструкцій. Характерними їх дефектами є руйнування зварних і заклепочних з'єднань, деформації і тріщини в елементах, послаблення болтових з'єднань. Тріщини, раковини та інші дефекти зварних швів усувають їх вирубанням з повторним зварюванням. Ослаблені заклепки замінюють новими збільшеного

діаметра. Тріщини у листових елементах металокопструкцій ремонтують заварюванням пошкодженої ділянки. У відповідальних місцях заварені тріщини підсилюють накладками товщиною 0,6-0,7 товщини елемента (рис. 9). Шви накладок не можна розміщувати перпендикулярно до зусилля, яке викликає появу тріщини. Вони мають йти похило до нього. Стрижньові елементи ремонтують заварюванням тріщин, вирізанням їх з одночасним накладанням ромбоподібних, трикутних, коробчастих клепаних накладок, вирізанням дефектного і зварюванням у стик нової ділянки. Приварювання стрижньових елементів виконують у холодному стані і з підігріванням. Незначні прогини елементів конструкції виправляють правленням без підігрівання, за значної деформації або тріщині дефектного елемента, його замінюють новим.

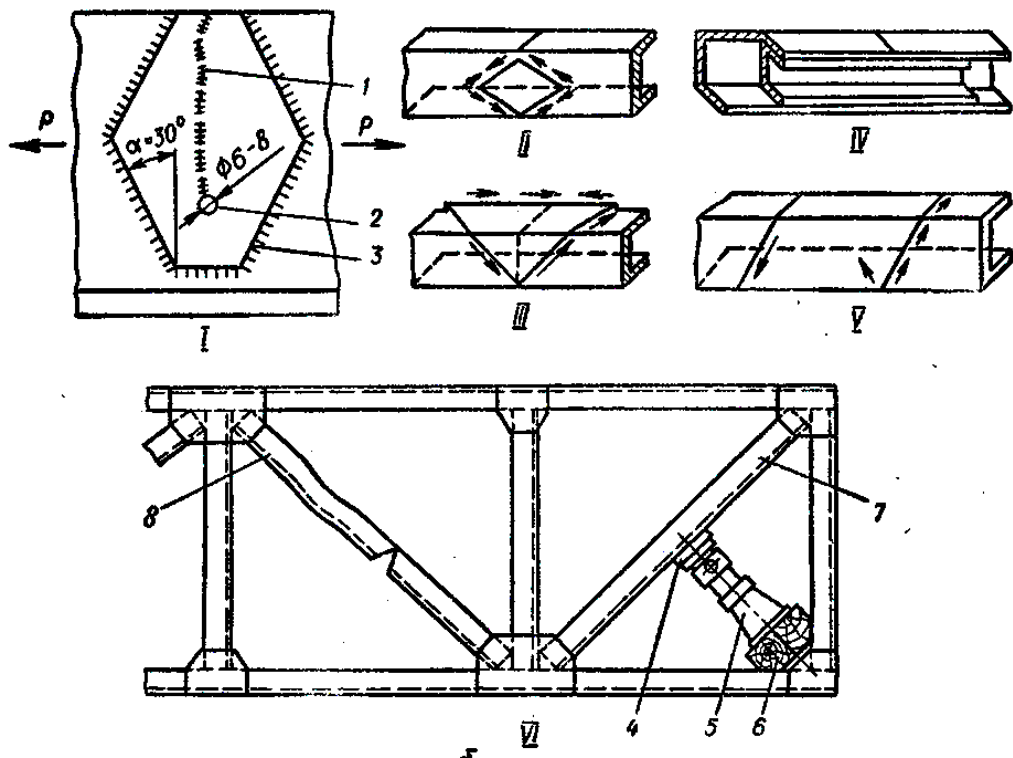


Рис. 9 – Схеми до ремонту металокопструкцій підйомно-транспортних машин: 1 – ремонт елемента з тріщиною; II, III, IV – накладання відповідно ромбоподібної, трикутної і жолобчастої накладок; V – заміна дефектної ділянки; VI – правка і заміна стрижньових елементів з дефектами: 1 – тріщина; 2 – отвір-деконцентратор; 3 – накладка; 4 – підкладка; 5 – домкрат; 6 – бруси; 7 – елемент, який підлягає правленню; 8 – елемент, який підлягає заміні

Болтові з'єднання елементів металоконструкцій відновлюють свердлінням зношених отворів на збільшений розмір і установленням болтів з відповідним діаметром.

Випробування і здавання після ремонту ПТМ – це те саме, що й випробування і здавання в експлуатацію після монтажу нових машин. Після опробування кожного механізму, усунення несправностей і регулювання гальм мостових кранів переходять до технічного освідчення, статичних і динамічних випробувань і здавання крана замовнику. Статичне випробування виконують вантажем, який на 25% перевищує номінальну вантажопідйомність крана. Визначають пружну і кінцеву деформації пролітних балок за допомогою відвісів з лінійками і покажчиків на підлозі цеху.

Відлік виконують тричі: до навантаження, після піднімання випробувального вантажу на висоту 200-300 мм і витримування протягом 10 хв, та після опускання вантажу. При відсутності кінцевого прогину перший і останній покази мають збігатися, за наявності – кран до роботи не допускається до виявлення і усунення причин прогину. У випадку позитивних результатів статичного випробування виконують динамічне вантажем на 10 % більшим вантажопідйомності крана. При цьому перевіряють дію всіх механізмів на робочих швидкостях спочатку окремо, а потім разом. Після динамічних випробувань повторно оглядають кран, звертаючи увагу на справність механізмів, нагрівання підшипників, підтікання масла у розніманнях. Результати випробувань оформляють актом.

## Лекція №16

### Автоматизація технологічних процесів ремонту машин.

#### Призначення та сутність механізації та автоматизації технічних процесів ремонту.

Автоматизація системи технічного сервісу тракторів, автомобілів і іншої сільськогосподарської техніки сприяє полегшенню умов праці, підвищенню його якості і продуктивності, зниженню собівартості і скороченню термінів ремонту.

Автоматизація виробництва (АВ) – процес у розвитку машинного виробництва, за якого функції управління і контролю, що раніше виконувалися людиною, передаються приладам і автоматичним пристроям. Автоматизація виробництва є основою розвитку сучасної промисловості, генеральним напрямом технічного прогресу. Мета АВ полягає в підвищенні ефективності праці, поліпшенні якості продукції, що випускається, в створенні умов для оптимального використання всіх ресурсів виробництва. Розрізняють АВ часткову, комплексну і повну.

Часткова АВ, точніше, автоматизація окремих виробничих операцій, здійснюється в тих випадках, коли управління процесами, через їх складність або швидкоплинність, практично недоступно людині і коли прості автоматичні пристрої ефективно замінюють його. Частково автоматизується, як правило, діюче виробниче устаткування. У міру вдосконалення засобів автоматизації і розширення сфери їх вживання було встановлено, що часткова автоматизація найбільш ефективна тоді, коли виробниче устаткування розробляється відразу як автоматизоване. До часткової АВ належить також автоматизація управлінських робіт.

За комплексної АВ ділянка, цех, завод, електростанція функціонують як єдиний взаємопов'язаний автоматизований комплекс. Комплексна АВ охоплює всі основні виробничі функції підприємства, господарства, служби; вона доцільна лише за високорозвиненого виробництва на базі досконалої технології і прогресивних методів управління із застосуванням надійного виробничого устаткування, що діє за заданою або такою програмою, що самоорганізується, функції людини при цьому обмежуються спільним контролем і управлінням роботою комплексу.

Повна АВ – вищий рівень автоматизації, яка передбачає пе-

редачу всіх функцій управління і контролю комплексно-автоматизованим виробництвом автоматичним системам управління. Її проводять тоді, коли виробництво, що автоматизується, рентабельне, стійке, його режими практично незмінні, а можливі відхилення заздалегідь можуть бути враховані, а також в умовах недоступних або небезпечних для життя і здоров'я людини.

Визначаючи міри автоматизації, враховують, перш за все, її економічну ефективність і доцільність в умовах конкретного виробництва.

АВ є одним з основних чинників сучасної науково-технічної революції, що відкриває перед людством безпрецедентні можливості перетворення природи, створення величезних матеріальних багатств, множення творчих здібностей людини.

### **Автоматизація технологічних операцій очищення, діагностування.**

Ефективність очищення під час автоматизації. Для якісного проведення очисних операцій з мінімальними енерго- і трудовитратами важливо поряд з вживанням ефективних мийних засобів і установок витримувати режими технологічних параметрів (температури, забрудненості, концентрації) у потрібних межах.

Система автоматичного регулювання температури мийних розчинів. У сільськогосподарському ремонтному виробництві застосовують різні способи нагрівання мийного розчину: за рахунок спалювання рідкого палива в спеціальних камерах згорання; пропусканням пари (газу) змішувиком, поміщеним у ванну з мийним розчином; електричний. Останній спосіб, як найбільш економічний, надійний і простий широко застосовують в автоматичних системах регулювання температури рідин, газів. У системах, що реалізують електричний спосіб нагріву, як регулювальні елементи, зазвичай, використовують ТЕНИ погруженого типу у поєднанні з двопозиційними регуляторами і датчиками, виконаними на базі манометричних електроконтактних термометрів.

Принципову схему системи регулювання температури мийного розчину наведено на рисунку 1.

Всі ТЕНИ розділені на дві групи: 1) ТЕНИ, що вмикаються контактором КМ3 які працюють лише в період виведення температури мийного розчину до заданого значення (надалі впродовж роботи ці ТЕНИ вимкнені); 2) ТЕНИ, що включаються контактором КМ2 і що працюють на першій стадії спільно з ТЕНАМИ першої групи, а після

виведення температури мийного розчину в бажану ділянку вмикаються періодично, для підтримки температури в потрібному діапазоні. Як датчик температури мийного розчину використовують манометричний електроконтактний термометр. У разі виникнення яких-небудь несправностей, збоїв, що можуть викликати перевищення температури мийного розчину відносно верхньої межі зони регулювання, в схемі передбачено використання термодатчика КК1, який реагує на це перевищення. При цьому розмикальний контакт КК1 знеструмлює обмотку реле КV5, яке вимикає нагрів і вмикає світлову сигналізацію «Аварія».

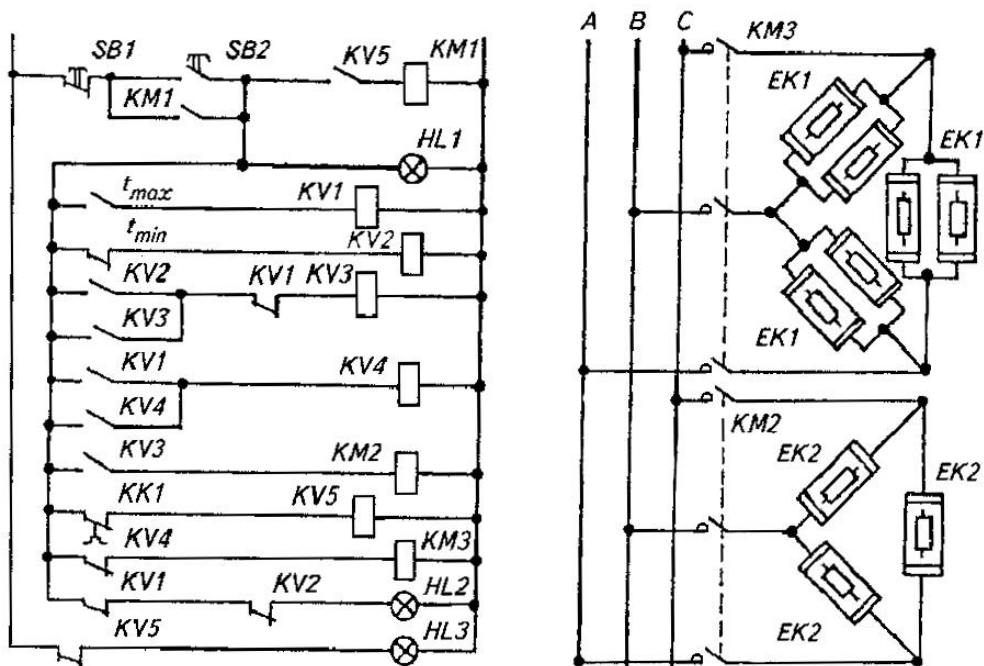


Рис.1 – Принципова схема САР температури мийної рідини

Контроль концентрації мийних засобів у розчинах. Якість очищення знаходиться в прямій залежності від концентрації мийних засобів. Причини її зміни під час очищення – це додавання води для компенсації зливу розчину, а також мийного засобу для відновлення концентрації розчину (що змінюється унаслідок його осадження на деталях, хімічного реагування із забрудненнями, солями та інших випадкових чинників).

У сучасному ремонтному виробництві застосовують мийні засоби, основу яких становлять лужні електроліти. Відомо, що електропровідність розчинів (на основі таких мийних засобів) має однозначну кореляцію з їх концентрацією і температурою. Тому, на

практиці, для виміру концентрації розчинів застосовують метод оцінювання електропровідності з урахуванням їх температурної похибки.

Схему пристрою, що реалізує такий метод, наведено на рисунку 2. Прилад працює таким чином. Сигнал з генератора імпульсів 1 частотою 2,5 кГц подається на ключовий двополярний підсилювач 2, до виходу якого під'єднане електролітичне вічко 3 з опорним опором  $R_{оп}$ . Напруга, що знижується з цього опору, пропорційна струму, який протікає в ньому, а отже, і електропровідності розчину.

Контроль забрудненості розчинів. Якщо такі параметри, як температура, рівень концентрації розчинів піддаються регулюванню, то зниження мийної здатності розчинів (через перевищення в них норми кількості забруднень) викликає необхідність їх заміни або регенерації (відновлення).

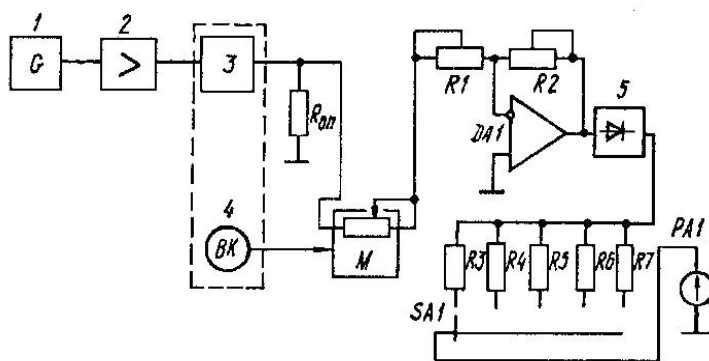


Рис. 2 – Схема аналізатора мийних розчинів: 1 – генератор; 2 – підсилювач; 3 – електролітичний осередок; 4 – датчик температури; 5 – амплітудний детектор

У зв'язку з відсутністю простих і надійних засобів контролю забрудненості розчинів досі про необхідність їх відновлення (або заміни) судять суб'єктивно з візуального контролю кольору розчину, а також за часом його роботи. Розроблені досить чутливі, надійні і прості за конструкцією оптичні датчики контролю забрудненості розчинів. Принцип дії такого датчика (рис.3) заснований на виборчому поглинанні частками забруднень світлового випромінювання у видимій і інфрачервоній областях спектра. Під час занурення датчика в розчин, вимірювальна камера заповнюється розчином мийного середовища. Оптична характеристика датчика вибрана такою, що вона не реагує на компоненти мийного засобу. За наявності



забруднень оптична щільність розчину змінюється, і датчик перетворює її на електричний сигнал, пропорційний концентрації забруднень, який реєструється індикатором.

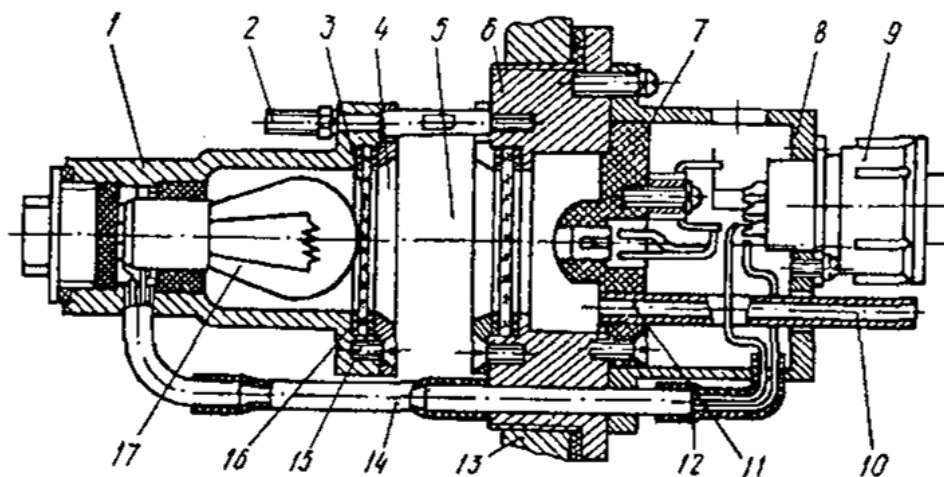


Рис. 3 – Оптичний датчик для контролю мийних розчинів: 1 – блок світлового випромінювання; 2 – шпильки; 3 – захисне скло-лінза; 4 – втулки; 5 – вимірник-камера; 6 – блок світлоприймача; 7 – основа; 8 – стакан; 9 – роз’єм; 10 – трубки; II – фотоелемент; 12 – дроти; 13 – корпус; 14 – захисний рукав; 15, 16 – прокладки; 17 – освітлювальна лампа

Діапазон значень вимірюваної концентрації забруднень 0,40 г/л, а відносна похибка вимірів не перевищує 8 % за температури контрольованої середи менше 85°C.

Система автоматичного управління миття. Технологія миття полягає в подаванні в камеру миття складальних одиниць і деталей, опусканні шторки, що закриває отвір для вимкнення розбрикування мийного розчину, вмиканні насоса подачі розчину в сопла, забезпеченні відносного переміщення деталей і струменів рідини. Після закінчення терміну миття двигун насоса відключається, шторка, що закриває вхідний отвір, піднімається, і корзина з деталями повертається у вихідне положення для видалення парів мийної рідини.

Діагностування ділять на три основні етапи: здобуття інформації про технічний стан об'єкту; обробка і аналіз отриманої інформації; діагноз і ухвалення рішення. На основі проведеної діагностики встановлюють вигляд і обсяг ремонтних робіт, перевіряють готовність машин і приводять їх в працездатний стан.

Під час автоматичного діагностування функції оператора зводяться до вмикання системи на початку перевірки і вимкнення її наприкінці діагностики. Автоматичні системи діагностики використовують віброакустичні і спектрофотометричні методи контролю з набором електронних приладів.

Віброакустичні методи діагностики дозволяють реєструвати амплітуду акустичних сигналів (шумів і вібрацій) і оцінити характер їх змін. Амплітуда і частота шумів і вібрацій змінюються у міру зношування деталей і збільшення зазорів зв'язаних деталей. Завдання віброакустичної системи діагностики (рис. 4) полягає у виділенні сигналу, що створюється виниклим дефектом, з багаточисельних акустичних перешкод, які виникають за нормальної роботи агрегату.

Для цього на об'єкті діагностики ОД установлюють датчик акустичних коливань ПП (первинний перетворювач), з якого електричний сигнал подається на підсилювач В, а потім на аналізатор А. На виході аналізатора по черзі виділяються складові (гармоніки) акустичних коливань і у вигляді змінної напруги подаються в квадратор К, а потім в інтегратор І і вимірювальний прилад ВП. Квадратор на виході дає значення потужності (у вигляді квадрата напруги), а інтегратор усереднює потужність вібрацій досліджуваного діапазону частот за певний проміжок часу. Значення потужності реєструє ВП.



Рис 4 – Функціональна схема акустичної системи діагностики

Спектрофотометричний метод діагностики заснований на визначенні вмісту продуктів зносу в пробі масла шляхом виміру спектрів випромінювання під час спалювання проби масла в електричній дузі. Спектри фотографують, а потім розшифровують за спеціальними спектрограмами або за допомогою ЕОМ. За результатами періодичних аналізів будують графіки інтенсивності зношування і прогнозують працездатність об'єкту діагностики.

Для оцінювання технічного стану і регулювання двигунів внутрішнього згорання служать мото-тестери. За допомогою цих приладів можна визначити параметри системи запалення карбюра-

торних двигунів, системи енергопостачання і пуску двигуна, а також оцінити ефективність роботи його окремих циліндрів.

### **Автоматизація операцій відновлення деталей, обкатування, фарбування.**

Технологія відновлення зношених деталей сільськогосподарської техніки гальванічним способом заснована на осадженні металів шляхом електролізу водних розчинів солей металів або кислот (хромування).

Для здобуття якісного нарощування металів використовують різні методи зміни полярності і форми струму електролізу: а) автоматичне реверсування струму, тобто періодичну зміну полярності напруги на деталі з негативною на позитивну, і навпаки; б) асиметричний, тобто випрямлений струм з різним коефіцієнтом випрямлення. Реалізацію одного з таких методів розглянемо на прикладі універсального джерела струму для живлення електролітичних ванн.

Пристрій дозволяє вести процес нарощування металу на однофазному асиметричному і трифазному випрямленому струмах з можливістю переходу з одного режиму на інший без переривання струму і з високою точністю стабілізації і регулювання складових струму.

За допомогою програмного механізму автоматично змінюють в процесі гальванопокриття кут відкриття тиристорів. Процес осадження металу розбивається на декілька циклів. Після занурення деталей у ванну і під'єднання електродів вмикається програмний пристрій, який через певну витримку часу  $t_0$  встановлює задані для деталі щільності струму прямої півхвилі (катода  $j_k$ ) і зворотної півхвилі (анода  $j_a$ ). Через час  $t_1 \leq 1$  хв програмне реле протягом  $t_2 = 3$  хв плавно знижує щільність струму  $j_a$  до нуля. Після цього за час  $t_3$  відбувається плавне збільшення щільності випрямленого катодного струму до граничного значення  $j_{кп}$ . Щільність струму  $j_k$  і час  $t_3$  вибирають і корегують залежно від заданих параметрів мікротвердості, зчіплюваності і товщини нарощуваних покриттів, а також від температури, кислотності і концентрації електролітів.

Автоматичне регулювання температури особливо важливе під час хромування, хімічного нікелювання і залізнення. У цих процесах коливання температури електроліту має не перевищувати

2°C. Для малих ванн застосовують двопозиційні регулятори, для великих – регулятори пропорційно-інтегральної дії, які управляють електричним обігрівачем розчину.

Автоматичне регулювання щільності струму відбувається за рахунок зміни кута відкриття тиристорів. Задане значення щільності струму встановлюється програмним пристроєм, залежно від режиму електролізу, а фактичне – вимірюється і визначається за значенням падіння напруги на шунтах-резисторах.

Автоматичне регулювання кислотності забезпечує здобуття якісного осаду металу на деталях. Кислотність вимірюють рН-метрами, а корегують додаванням в електроліт лугу або кислоти.

Автоматичне регулювання заданої товщини покриття здійснюється або за допомогою лічильника ампер-годин, або за допомогою програмного реле часу.

Обкатування – завершальна операція при ремонті двигунів внутрішнього згорання (ДВС). На практиці широко використовують і автоматичні обкатувально-випробувальні стенди з асинхронно вентильним підсилювачем потужністю вище 60 кВт. Стенд містить кінематично сполучений з валом обкатуваного ДВЗ асинхронний електродвигун з фазним ротором.

Для автоматичного управління режимами обкатування стенд обладнаний відповідними приладами: датчиками обертового моменту, датчиком швидкості зміни температури, датчиками температури масла в змащувальній системі, датчиком частоти обертання, підсилювачами-перетворювачами, порівнюючими органами, задатчиками програми обкатування і обертового моменту і блоком для фазоімпульсного управління групами вентилів інвертора струму. Перехід з одного режиму на наступний відбувається автоматично, залежно від датчика швидкості зміни температури масла. Як тільки температура масла в змащувальній системі припиняє своє зростання, то за холодного обкатування на рівень збільшується частота обертання, а за гарячого обкатування – крутний момент. За повторної стабілізації температури виробляється сигнал для переходу на наступний рівень обкатування.

Фарбувальні роботи. Автоматизація цих робіт спрямована на економію лакофарбних матеріалів і створення оптимальних умов праці для людей.

Для механізації процесу нанесення лакофарбних покриттів запропонована конструкція установки фарбового маніпулятора, у якої

в процесі фарбування автоматично підтримуються параметри нанесення покриттів і зворотно-поступальне переміщення розпилювачів по півколу при безперервному русі виробів на підвісному конвеєрі.

Для комплексної автоматизації процесів фарбування рекомендується створення роботизованих фарбувальних установок з використанням роботів типу РП (для плоских виробів або деталей, які переміщують до них) і типу РБ (для об'ємних виробів).

Визначальним параметром будь-якого виду автоматичного фарбування є крок фарбування, який, у свою чергу, знаходиться в прямій залежності від розмірів факела.

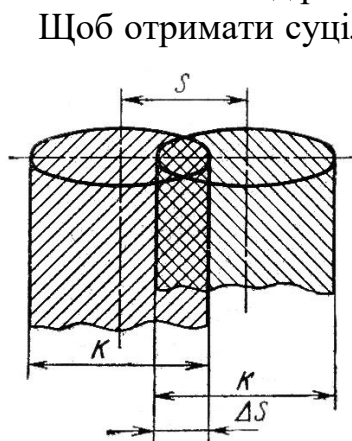


Рис. 5 – Схема фарбування за плоского факела розпилювача

Щоб отримати суцільне і рівномірне за товщиною покриття, розпилювач має переміщатися вздовж або впоперек виробу, фарбуючи смугу поверхні завширшки, рівно ширині  $K$  плоского факела розпилювача. Потім розпилювач або виріб, що фарбується (залежно від прийнятої схеми фарбування) мають зміститися на величину кроку фарбування  $S$  для фарбування наступної смуги (рис. 5). Для отримання найбільш рівномірного покриття за товщиною необхідно дотримуватися такого співвідно-

шення:

$$S = 0,7 K, \quad (1)$$

де  $S$  – крок фарбування, мм (для безповітряного розпилення  $S = 0,95 K$ );

$K$  – ширина плоского факела, що утворюється фарборозпилювачем, мм.

Для визначення швидкостей переміщення фарборозпилювача і виробу, а також частоти обертання виробів циліндричної форми за автоматизованого фарбування використовують коефіцієнт швидкості  $C$ :

$$C = \frac{Q_k}{q}, \quad (2)$$

де  $C$  – коефіцієнт швидкості,  $m^2/xv$ ;

$Q_k$  – продуктивність розпилювача за певного діаметра сопла і

робочої в'язкості матеріалу, г/хв;

$q$  – витрата лакофарбового матеріалу на  $1 \text{ м}^2$  площі, що фарбується  $\text{г/м}^2$ .

### **Застосування промислових роботів у ремонтному виробництві.**

Поєднання дрібносерійного або серійного характеру виробництва під час ремонту машин з постійною номенклатурою оброблених деталей дає можливість застосовувати автоматику циклового або копіювального типу (наприклад, промислових роботів з числовим програмним керуванням, які мають просту конструкцію, надійні і зручні в експлуатації і не потребують великих витрат часу на переналагодження).

Автоматичні маніпулятори з програмним керуванням – промислові роботи (ПР) – новий універсальний засіб комплексної автоматизації виробничих процесів, що відрізняються здібністю до швидкого переналагодження послідовності, швидкості і змісту маніпуляційних дій.

Як показує досвід, комплексне застосування промислових роботів дозволяє підвищити продуктивність праці в середньому в 1,5-2 рази, змінність роботи устаткування – в 1,5-1,8 рази.

Використання ПР відкриває перспективи створення принципово нових технологічних процесів не пов'язаних з обмеженнями, що накладаються безпосередньою участю людини.

Практично будь-який процес можна представити як сукупність простих операцій :

- зміна напрямку руху;
- утримання контрольованих параметрів в межах норм;
- вмикання і вимкнення пристроїв.

Характеристика та будова ПР. Автоматизована технічна система, як правило, містить чотири основні ланки: робочий орган, перетворювач, джерело енергії і системи керування.

Залежно від способів завдання і реалізації програми системи керування ділять на дві групи: циклові і з програмованим переміщенням. Циклові системи не відрізняються складністю у виконанні програми, мають низьку вартість і можуть зберігати інформацію за вимкнення живлення.

Кінематичні схеми, що визначають характер руху руки-маніпулятора, зводяться до таких типових варіантів:

- тільки поступальна хода в об'ємно-прямокутній зоні;

- тільки обертальний рух;
- одне обертальне і два поступальних за різними осями координат;
- одне поступальне і декілька обертальних за різними осями координат.

Найбільш універсальні ПР з автономними системами управління, в яких використані міні ЕОМ або мікропроцесори. У найзагальнішому вигляді ідея руху робота полягає в тому, що сенсорні датчики, які представляють систему сприйняття, пізнають і формують вектор спостережень. Положення ПР, його координати, отримані з датчиків, порівнюються з програмою, яка визначає його подальший рух.

Технологію використання робота і схему робочих рухів його виконавчих механізмів описує циклограма – графік робочого циклу.

Роботизацію ремонтного виробництва застосовують за його концентрації і високого ступеня спеціалізації: очищення машин і деталей; розбирання агрегатів, що ремонтуються, на вузли і деталі; контрольно-дефектувальних операцій; відновлення деталей (для роботи у складі технологічних ліній); фарбувальних робіт; розвантажувально-завантажувальних і складських.

Сьогодні Gudel AG (Швейцарія) - визнаний світовий лідер у створенні роботів і роботизованих систем. Роботи Gudel застосовуються на підприємствах Airbus і Boeing, а також на виробництвах, що входять до складу EADS і NASA. Складальні лінії Gudel встановлені на заводах Audi AG, Caterpillar Inc., DaimlerCrysler AG, Fiat Auto SPA, Ford Motor Corp., Hyundai Motor Co. і Toyota Motor Corp.

Роботи фірми Mitsubishi Electric – це широкий вибір моделей і версій, щоб задовольнити всім вимогам більшості сучасних промислових підприємств, і вони також забезпечують надзвичайну гнучкість, потрібну для швидкої переконфігурації систем виробництва.

### **Показники якості і методи оцінювання рівня якості відремонтованої сільськогосподарської техніки.**

За Міжнародною організацією з стандартизації (ISO) якість – це сукупність властивостей і характеристик продукції (або послуг), що забезпечує задоволення встановлених або передбачуваних потреб.

Кожен вид продукції (послуг) характеризується своєю номенклатурою показників якості, залежною від призначення цієї продукції. Стосовно нової сільськогосподарської техніки, що випускається заводами тракторного і сільськогосподарського машинобудування, якість визначають за 11 групами одиничних показників якості (ПЯ), зокрема показниками призначення, надійності, економічності, технологічності, транспортабельності, стандартизації і уніфікації, безпеки, а також ергономічними, екологічними, естетичними і патентно-правовими показниками.

Показник надійності (ПН) характеризує властивості об'єкта зберігати і відновлювати його працездатність в процесі експлуатації. Споживачеві потрібні вироби, що мають високі якісні показники у процесі користування і стабільно зберігають їх протягом тривалого часу.

Показник економічності (ПЕ) характеризує витрати праці і засобів під час виготовлення об'єкта і його експлуатації. Перший ПЕ характеризує трудомісткість виробництва, металоємність конструкції, пристосованість складових елементів конструкції до механізованого виробництва.

Другий ПЕ характеризує питому витрату паливо-мастильних матеріалів під час експлуатації, продуктивність, витрати праці і коштів на технічне обслуговування і ремонт.

Показник технологічності (ПТ) характеризує пристосованість конструкції до її виготовлення і експлуатації. Перший з ПТ (пристосованість до виготовлення) називають виробничою технологічністю, а другий (пристосованість до виконання виробничих функцій, технічного обслуговування і ремонту) – експлуатаційною технологічністю.

Показник транспортабельності (ПТР) характеризує пристосованість об'єкта до транспортування, наприклад, під час його перевезення залізницею або у разі переїзду на далекі відстані.

До ПТР належать такі оцінювальні показники, як середня тривалість (трудомісткість) підготовки об'єкта до транспортування, його встановлення на засіб перевезення, розвантаження з певного вигляду транспорту. ПТР визначають для конкретного виду транспорту: залізничного, автомобільного, водного і повітряного.

Показник стандартизації і уніфікації (ПСУ) характеризує насиченість об'єкта стандартними, уніфікованими і оригінальними частинами, а також уніфікацію з іншими виробами. До стандартних



належать складові частини виробу, що випускаються за державними або галузевими стандартами. Уніфіковані складові частини випускають за стандартами підприємства або отримують в готовому вигляді як комплектуючі деталі або складальні одиниці.

До оригінальних належать частини об'єкта, розроблені лише для цього виробу.

Показник безпеки (ПБ) характеризує особливості конструкції об'єкта, що обумовлюють безпеку обслуговуючого персоналу під час його експлуатації. Їх облік потрібен для забезпечення безпечних умов роботи людини за наявності механічних, електричних і теплових дій, а також акустичних шумів.

ПБ оцінюють кількісно і якісно. До кількісних ПБ належать тиск спрацьовування клапана-бустера гідророзподільника, опір ізоляції струмоведучих частин і так далі. Якісні характеристики ПБ – наявність ременів безпеки, аварійної сигналізації і так далі.

Ергономічний показник (ЕРП) характеризує не окремий об'єкт, а систему «людина – машина» з точки зору зручності і комфорту експлуатації конкретного виробу. До нього належать: відповідність органів управління машиною можливостям людини, створення комфортних умов під час роботи. Для цього на тракторах і комбайнах встановлюють, наприклад, герметизовані кабіни з опалювальними пристроями і кондиціонерами, знижують в них рівень шуму і вібрацій.

Екологічний показник (ЕКП) характеризує ще складнішу систему «людина – машина – виробниче середовище» з огляду на рівень шкідливих дій на людину, природу, що виникають в процесі експлуатації машин, який враховує надходження в природне середовище стічних вод і інших шкідливих викидів для зниження вмісту забруднюючих речовин в атмосфері, водоймищах, річках і ґрунті до кількостей, що не перевищують їх гранично допустимі концентрації (ГДК).

За кількісного оцінювання ЕКП визначають вірогідність викидів в довкілля шкідливих часток, газів, випромінювань і інших забруднень. Допускається вживання якісних характеристик, таких як наявність очисних споруд, пилеуловлювачів і тому подібне.

Естетичний показник (ЕСП) характеризує раціональність форми, цілісність композиції і досконалість виробничого виконання виробу. Вони набувають все більшої значущості під час контролю якості техніки. ЕСП оцінює експертна комісія, що складається з кваліфікованих фахівців з досвідом художнього конструювання.

Патентно-правовий показник (ППП) характеризує обсяг оновлення технічних рішень, використаних у конкретному об'єкті, їх патентний захист, а також можливість безперешкодної реалізації виробу за кордоном. Основні з них – патентний захист і патентна чистота.

Порівнюючи ці показники для різних виробів (різних марок тракторів, комбайнів і інших машин), можна кількісно оцінити рівень їх якості. Рівень якості – це відносна характеристика, заснована на порівнянні значень показників якості оцінюваної продукції і відповідних показників продукції, прийнятої як база для порівняння.

Номенклатура показників якості продукції ремонтних підприємств має деякі особливості порівняно з продукцією підприємств, що випускають нові вироби. Вони полягають в тому, що для продукції ремонтних підприємств показники якості мають кількісно характеризувати лише ті властивості продукції, які можуть змінитися як результат дії чинників виробничого процесу ремонту.

Так, в процесі ремонту конструкція машини, як правило, не змінюється, а отже, і такі показники якості, як технологічність, транспортабельність, показники призначення, стандартизації і уніфікації, патентно-правові показники, також не застосовуються.

Всі останні показники, зокрема показники надійності, економічності, безпеки, ергономічності, екологічності, естетичності, змінюються в процесі ремонту машини. За їхніми значеннями слід оцінювати рівень якості відремонтованих виробів.

Рівень якості відремонтованого виробу за перерахованими одиничними показниками контролюють порівнянням з відповідними значеннями показників якості нового виробу.

Окрім порівняння значень одиничних показників під час оцінювання рівня якості відремонтованих виробів допускається використання і інших методів оцінки.

Під час оцінювання рівня якості відремонтованих виробів за показниками дефектності використовують коефіцієнт дефектності продукції:

$$K_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a m_i r_i, \quad (3)$$

де,  $n$  – кількість одиниць виробів (вибірка);

$a$  – кількість видів дефектів;

$m_i$ , – кількість дефектів цього виду;

$r_i$ , – коефіцієнт вагомості кожного виду дефектів, який визначається експериментальним шляхом або за вартістю усунення дефекту даного вигляду.

Під час оцінювання рівня якості відремонтованих виробів за чинниками, що характеризують ремонт, оцінюють якість технологічної документації, технологічного устаткування і оснащення, засобів вимірювання і випробувального устаткування, а також якість праці осіб, що ремонтують виріб.

Якість технологічної документації оцінюють шляхом її повної або вибіркової експертизи за показниками, що характеризують: забезпечення вимог, установлених нормативно-технічною документацією; обґрунтованість і повноту встановлених планів контролю і випробувань; відповідність стандартам номенклатури технічних документів, їх оформлення, порядку обліку, зберігання і внесення змін.

Якість ремонтно-технологічного устаткування визначають за допомогою вибіркового вимірів основних параметрів устаткування і оснащення, їх порівняння з паспортними даними, а також перевірки виконання графіків технічного обслуговування і ремонту цього устаткування.

Якість праці осіб, що ремонтують вироби, оцінюють так: вибірковою перевіркою дотримання технологічної дисципліни з операцій, виміром параметрів деталей і складальних одиниць після їх ремонту; аналізом представлених підприємством даних щодо внутрішньозаводського браку і рекамаціями; аналізом положень, що діють, наказів, розпоряджень щодо матеріального і морального стимулювання; ознайомленням в цехах і на дільницях з культурою виробництва і організацією робочих місць.

Для підвищення якості виробів, що ремонтуються, необхідно об'єднати всі впливи у єдину цільову систему, яка передбачає комплекс організаційних, технологічних, економічних і соціальних заходів. Цю систему можна уявити у вигляді графічної моделі (рис. 6).

### **Система і організаційні основи управління якістю продукції на ремонтних підприємствах.**

За міжнародними стандартами ISO серії 9000 система якості – це сукупність організаційної структури, методик, процесів і ресу-

рсів, потрібних для спільного керівництва якістю, тобто це ті аспекти спільної функції управління, які визначають політику щодо якості.

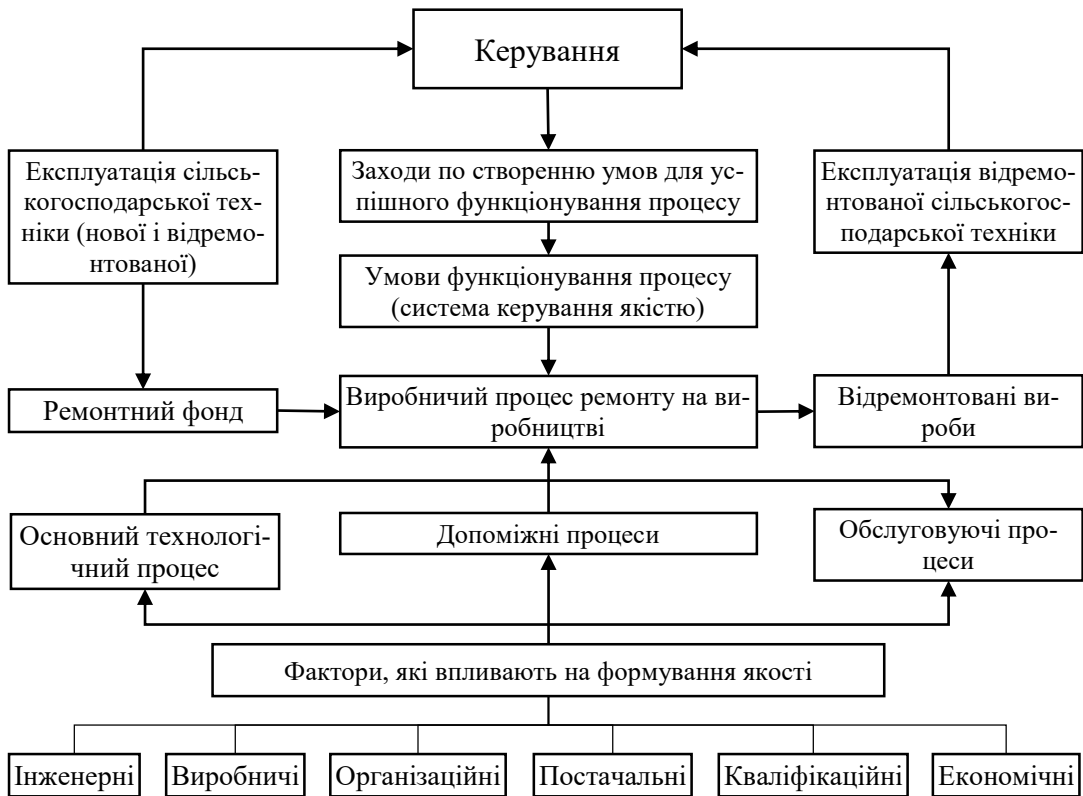


Рис. 6 – Схема системи формування якості ремонту виробу

Оперативне управління якістю в міжнародному стандарті ІСО визначається терміном «управління якістю», під якою розуміють оперативні методи і види діяльності, використовувані для виконання вимог до якості. Довготривале управління якістю і підприємством загалом визначається терміном «загальне керівництво якістю» – підхід до керівництва підприємством, націлений на якість і заснований на участі всіх його членів на досягнення довгострокового успіху шляхом задоволення вимог споживача і вигоди для членів підприємства (організації) загалом.

На підприємствах України створені і функціонують системи управління якістю продукції на трьох ієрархічних рівнях: загальнодержавному, галузевому і рівні підприємства.

Під управлінням якістю ремонту машин слід розуміти встановлення, забезпечення і підтримку оптимальної якості під час ро-

зробки технології і проведення ремонту, зберігання, транспортування і експлуатації машин за систематичного контролю якості і цілеспрямованої дії на впливаючі умови і чинники.

Під умовою підвищення якості розуміють обставини або середовище, в якій діють чинники, що впливають на формування якості.

Основні умови, що сприяють прояву чинників підвищення якості ремонту машин, – матеріальне і моральне стимулювання виконавців за якість роботи, взаємозв'язок між ціною за ремонт і якістю відремонтованих виробів, організація праці.

Організаційна основа управління якістю продукції і послуг – система стандартизації, що включає державні, галузеві стандарти, технічні умови, технічні вимоги, керівні технічні матеріали, стандарти підприємств.

### **Види і методи контролю якості продукції.**

Важливий складовий елемент системи управління якістю продукції на стадії виробництва – організація і проведення технічного контролю якості.

Технічний контроль – це перевірка відповідності продукції або технологічного процесу, від якої залежить якість продукції, встановленим стандартам або технічним вимогам. Технічний контроль виконують на всіх стадіях виробництва: від контролю якості матеріалів, що надходять, запасних частин, комплектуючих виробів до випуску готової продукції. Зазвичай на ремонтних підприємствах якість продукції, що випускається, контролюють працівники відділу технічного контролю (ВТК).

Основні завдання відділу технічного контролю – своєчасне здобуття повної інформації про якість продукції, достаток устаткування і технологічних процесах з метою запобігання неполадкам і відхиленням, які можуть привести до порушення вимог стандартів, технічних умов і випуску неякісної продукції.

Контроль за якістю ремонту на ремонтних підприємствах різноманітний. Його класифікують:

- за стадіями виробничого процесу – вхідний, операційний, приймальний і інспекційний;
- за мірою охоплення – суцільний і вибіркового;
- за часом проведення – леткий, безперервний і періодичний.

Вхідний контроль – це контроль продукції постачальника, що надійшла до споживача або замовника і призначалася для використання під час ремонту або експлуатації продукції. Такому контролю підлягають запасні частини, матеріали і вироби, ремонт яких проводили інші підприємства по кооперації.

Операційний контроль – контроль продукції або процесу під час виконання або після завершення технологічної операції. Проводять на тих операціях, де найбільш вірогідна поява дефектів.

Приймальний контроль – контроль продукції, за результатами якого приймають рішення про її придатність до використання.

Інспекційний контроль – контроль, що проводиться спеціально уповноваженими особами з метою перевірки ефективності раніше виконаного контролю.

Суцільний контроль – контроль кожної одиниці продукції в партії. Застосовують у випадках:

- освоєння нового виробництва;
- якщо не забезпечується стабільність якості;
- коли брак абсолютно недопустимий;
- кількість об'єктів недостатня для здобуття вибірок.

Вибірковий контроль – контроль, за якого якість партії виробів оцінюють за результатами перевірки однієї або декількох вибірок. Застосовують в масовому і великосерійному виробництві за великої трудомісткості контролю і у випадках, коли контрольовані вироби руйнуються. Заснований на статистичних методах контролю.

Леткий контроль – контроль, що проводиться у випадковий час. Застосовують для перевірки технологічної дисципліни, а також правильності проведеного контролю.

Безперервний контроль – контроль, за якого інформація про контрольовані параметри надходить безперервно. Здійснюється автоматичними засобами.

Періодичний контроль – контроль, за якого інформація про контрольовані параметри надходить через встановлені інтервали часу. Застосовують під час контролю продукції і технологічних процесів за сталого виробництва.

Статистичний метод контролю – контроль якості продукції, що проводиться на підставі теорії вірогідності і математичної статистики.

Суть статистичних методів контролю полягає в тому, що з підконтрольної партії  $N$  об'єктів безпосередньо перевіряють лише деяку її частину  $n$ , що називається вибіркою.

Залежно від кількості або частки придатних в цій вибірці деталей, всю партію приймають (вважають придатними) або не приймають (бракують).

Найпрогресивнішим є статистичний метод керування якістю продукції, який передбачає;

- статистичний аналіз точності технологічних процесів шляхом вивчення якісних характеристик більшої кількості відремонтованих виробів;

- статистичне регулювання технологічного процесу шляхом коригування його параметрів за результатами вибіркового контролю параметрів відремонтованих виробів з метою забезпечення потрібного рівня якості;

- статистичний приймальний контроль, який використовують як вибіркового метод, коли за якістю вибірки визначають достовірність якості всієї партії відремонтованих виробів (застосування ефективно за стійкості технологічного процесу ремонту).

### **Класифікація браку, стабільність, технічний контроль, сертифікація продукції.**

Виробничим браком називають продукцію, не відповідну стандартам, технічним умовам і іншій нормативно-технічній документації.

За видами у виробництві розрізняють поправний і непоправний брак. Крім того, розрізняють брак внутрішній, виявлений в ході виробничого процесу, і зовнішній, виявлений за межами підприємства, такий, що виявився у сфері реалізації або в процесі використання продукції.

За причинами розрізняють брак, спричинений порушенням технологічної дисципліни (недбале відношення робітника до своєї роботи), помилками у технічній документації, роботою на несправному або неправильно налагодженому устаткуванні, використанні неякісного інструменту, дефектами у вихідному матеріалі, пропуском дефектів ВТК на подальших операціях та ін.

За винуватцями розрізняють брак, допущений з вини робітника-оператора, робітника-налагоджувальника устаткування; відділів головного технолога, головного механіка; інструментального

цеху; відділу технічного контролю якості.

Стабільність – властивість технологічного процесу зберігати показники якості продукції, що виготовляється, у заданих межах протягом деякого часу.

Стабільності якості продукції досягають:

- періодичною перевіркою устаткування і оснащення на технологічну точність і своєчасним проведенням планово-запобіжного ремонту цього устаткування;
- забезпеченням і підтримкою технологічної дисципліни;
- періодичним оцінюванням якості відремонтованих виробів.

Для контролю стабільності якості виробів і їх відповідності технічним вимогам періодично (не рідше за один раз на півріччя) оцінюють їх якість. При цьому передбачають: контроль відповідності технічній і конструкторській документації на ремонт вимогам нормативно-технічній документації; аналіз і технічну експертизу партії відремонтованих виробів з метою перевірки їх відповідності технічним вимогам на ремонт; аналіз достатку робіт із забезпечення якості продукції; короткочасні випробування відремонтованих виробів.

Технічний контроль – це перевірка відповідності продукції або процесу, від якого залежить якість продукції, встановленим технічним вимогам.

Метою технічного контролю на ремонтному підприємстві є своєчасне отримання повної і достовірної інформації про якість ремонту виробів і стан технологічного процесу.

Для кожного об'єкта ремонту (деталь, вузол, агрегат, комплектуючий виріб) вибирають найбільш відповідний виробничими умовами вид технічного контролю.

За етапами виробничого процесу розрізняють такі види контролю:

- вхідний – перевірка запасних частин, напівфабрикатів, комплектуючих виробів і матеріалів, які надходять на підприємство;
- операційний – виконується після закінчення певних технологічних операцій. Під час цього контролю перевіряють якість продукції або технологічний процес на відповідність його встановленим вимогам. Наприклад, перевірка якості миття, контроль діаметрів отворів головок шатуна після обробки, прогину валу після



правки тощо;

➤ приймальний – є найвідповідальнішим етапом всього технологічного процесу відновлення або виготовлення деталі, складання вузла, агрегату або ремонту машини загалом. При цьому перевіряють всі основні показники, передбачені технічними вимогами, стандартами, кресленнями, і приймають рішення про придатність відремонтованого виробу до використання. Різновидом приймального контролю є випробування вузла, агрегату і машини на спеціальному обладнанні;

➤ експлуатаційний – призначений для перевірки правильності проведення замовником періоду обкатування відремонтованих агрегатів або машин, контроль за дотриманням правил експлуатації і технічного обслуговування, збирання і аналізу інформації про надійність продукції.

Залежно від ступеня охоплення продукції контроль межі може бути суцільним або вибіркоким.

Методи контролю відносно об'єкта, який перевіряють, поділяють на візуальні, геометричні, фізичні, хімічні, металографічні, механічні.

Слово «сертифікація» в перекладі з латинської означає «зроблено правильно» (*certum* – правильно, *fasere* – робити). Щоб засвідчити, що продукт «зроблений правильно», якісно, необхідно показати, що він відповідає певним вимогам, і отримати достовірні докази цієї відповідності.

Для встановлення відповідності показників якості продукції або послуг заданим вимогам необхідні випробування продукції. Найбільш достовірними є результати випробувань «третьою стороною» – особою або органом, незалежним ні від постачальника (виробника), ні від покупця (споживача).

Під сертифікацією розуміють діяльність щодо підтвердження відповідності продукції встановленим вимогам. Вона може бути обов'язковою і добровільною.

Обов'язкова сертифікація – підтвердження уповноваженим на те органом відповідності товару (роботи, послуги) обов'язковим вимогам стандарту.

Добровільна сертифікація – сертифікація, що проводиться на добровільній основі за ініціативою виробника (виконавця), продавця (постачальника) або споживача продукції.

## Лекція № 17

### Застосування нанотехнологій у виробництві

#### Спеціальна термінологія

Перш ніж розглядати застосування нанотехнологій у різних галузях народного господарства познайомимося зі спеціальною термінологією.

Алотропія – існування того самого елемента у вигляді різних за властивостями і будовою структури.

Алмазоїд – алмазоподібна структура, побудована з атомів вуглецю методом синтезу яка має міцність і хімічну інертність алмаза. Використовується в якості основного матеріалу при побудові нанороботів. Це гідрокарбонат, у якому атоми вуглецю утворюють просторову сітку, таку ж, як в алмазі. Зустрічається у сирій нафти.

Асемблер (конструктор англ. – збирати) – кібернетичне устаткування нанометричних масштабів, здатне з набору атомів збирати молекули шляхом механохімії, згідно заданої програми. Це молекулярна машина, яка може бути запрограмована на побудову будь-якої молекулярної структури.

Балк-технологія – технологія, заснована на маніпуляції сукупностями атомів і молекул, а не індивідуальними атомами.

Геомодифікатор (геос – земля, греч.) – спеціальна мікро- або нанодобавка в паливномастильні матеріали і технологічні середовища на базі мінералів геологічного походження, які можуть вступати у взаємодію з контактуючими ділянками деталей і формувати на них металокерамічний шар, який частково відновлює дефекти поверхні тертя.

Гетероструктура (греч. гетера – з'єднання) – комбінація декількох гетеропереходів (контакт двох різних напівпровідників), яка використовується для створення потенційних ям для електронів і дірок у шаруватих напівпровідникових структурах і застосовується в напівпровідникових лазерах і світловипромінюючих діодах.

Графен – вуглецевий наномоношар, у якому зв'язки C – C утворюють правильні графітові шестикутники («бджолиний стільник»).

Діамондоїди – полімерні органічні молекули, в яких вуглецеві атоми скелету зв'язані між собою точно так само, як і у фрагментах кристалічних решіток алмаза.

Дізасемблер – кібернетичне устаткування нанометричних масштабів, здатне по заданій програмі відокремлювати атоми від молекул, записуючи при цьому їх місце розташування на молекулярному рівні. Пари «асемблер-дізасемблер» зможе створювати копії будь-яких мікрооб'єктів.

Дисипація (лат. розсіювання) – процес незворотного розсіювання енергії, отриманою системою за різних процесах (наприклад, при терті).

Дуга фулеренова – дуговий метод одержання фулеренів, заснований на термічному розпаді графіту при електролітичному нагріванні графітового електрода або дії лазерного опромінення поверхні графіту.

Квант – неподільна частина матерії (квант світла). В основі поняття лежить уявлення про те, що будь-яка фізична величина може приймати тільки певні, а не довільні значення (тобто фізична величина квантується).

Кевлар (англ.) – синтетичне волокно міцніше більшості сталей, створене у США. Використовується в аерокосмічному конструюванні, куленепробивних жилетах і у випадках, коли треба забезпечити високу міцність за малою масою.

Кластер (англ. об'єднання) – сукупність двох або більш однорідних елементів (атомів або молекул), яка може розглядатися як самостійна одиниця, що має певні властивості.

Клейтроніка (англ. розумна глина) – нова галузь в науці і технології, яка розглядає можливість складання різних конструкцій з окремих уніфікованих будівельних блоків-роботів мікроскопічних розмірів.

Конгломерат (лат. скупчений, зібраний) – механічне з'єднання чого-небудь різнорідного.

Кондиціонер металу – речовина і механізм впливу на метал (поверхню), що дозволяють модифікувати, структурувати, відновлювати структуру, склад, властивості, на які впливає, доставляючи необхідні компоненти від зовнішніх джерел. При цьому робочій поверхні надають антифрикційні властивості.

Лонсдейліт (англ.) – гексагональна модифікація вуглецю із кристалічними решітками типу вюрциту ( $a = 0,252$  нм;  $c = 0,412$  нм) і щільністю  $3,51$  г/см<sup>3</sup>. Відкритий в 1967р. у метеориті, а потім отриманий штучно.

Лотос – (ефект нім.) – ефект практично повної незмочуваності поверхні твердого тіла рідиною, що виникає через особливості рельєфу даної поверхні на мікро- і нанорівні, які сприяють зниженню площі контакту рідини з поверхнею даного тіла. Згодом – це комплекс технічних і технологічних рішень, широко застосовуваних у автомобільному сервісі.

Метаматеріал – композит, що має властивості, які не зустрічаються в природі, має негативну діелектричну і магнітну проникність. Матеріали такого типу можуть використовуватися для розробки «плащів-невидимок» за допомогою нанотехнологій.

Метод CVD – метод модифікації армувальними волокнами, тобто «хімічне газофазне осадження» металів, сплавів і хімічних сполук на задану поверхню.

Нано (греч. карлик) – нм =  $10^{-9}$  м = 10 ангстрем.

Нанотехнологія – процес розподілу, складання і зміни властивостей матеріалів, шляхом впливу на них одним атомом або однією молекулою речовини.

Нанотрубка (англ.) – трубка нанометричних розмірів, яка складається з окремих атомів вуглецю, що має штучну структуру. Призначена для комунікацій, передачі енергії, і сигналів, а також побудови нових матеріалів на базі вуглецю.

Сажа (аморфний вуглець) – продукт неповного згоряння або термічного розкладання вуглеводнів у неконтрольованих умовах, наприклад, при роботі дизельних двигунів. Розмір часток сажі від 50 до 180 нм.

Светодіод – прилад, заснований на нанорозмірних гетероструктурах, який перетворює електричний струм у світлове випромінювання.

Фуллерени – клас хімічних сполук, молекули яких, складаються тільки з парної кількості атомів вуглецю. Хімічно стабільні замкнені поверхневі структури вуглецю, атоми яких розташовані у вершинах правильних шести- або п'ятикутників, які регулярним способом покривають зміцнюючу поверхню.

Фуллеріти – тверді фуллерени  $C_{60}$ , кристали із гранецентрованою кубічною решіткою і досить слабкими міжмолекулярними зв'язками. У кристалі є октаедричні порожнечі, у яких можуть перебувати сторонні атоми, що впливають на властивості всього матеріалу.

Ентропія (греч. поворот, перетворення) – міра неупорядкованості великих систем. Наприклад, у теорії теплових машин та частина енергії, яка розсіюється в просторі, не здійснюючи корисної роботи.

Розвитку нанотехнологій передували розробка принципово нових методів діагностування нанорозмірних об'єктів. Це сучасна електронна, тунельна і атомно-силова мікроскопія, устаткування для вимірювання нанотвердості і визначення модуля пружності. Важливими з'явилися розробки, які дозволили встановити, що наноматеріали мають специфічні магнітні, електричні, оптичні і інші властивості, які пов'язані із проявом квантових ефектів.

Використання нанотехнологій у різних галузях народного господарства дозволяють мінімізувати технічне устаткування і здійснювати економію ресурсів.

### **Історія розвитку нанотехнологій**

Людство з давніх часів використовувало наноматеріали.

Наночастинки дозволяють пояснити неймовірні властивості матеріалів, виготовлених кілька сторіч тому назад і часом навіть недоступних сучасній науці.

**Приклад:**

- 1) золото (наночастинки плюс скляна матриця) – рубіновий колір;
- 2) декоративна глазур із глянцем – середньовічний гончарний посуд;
- 3) барвники, які використовують аборигени Австралії для яскравих бойових розфарбовувань, фарбування волосся (стійкі фарби).

Перший вчений, який використав вимірювання у нм – Альберт Ейнштейн (1905 р.). Теоретично довів, що розмір молекули цукру дорівнює 1 нм.

Ідея створення спеціальних приладів, здатних проникнути в глибину матерії до границь наносвіту – належить американському інженеру-електрику, винахіднику, фізику, філософу сербського походження Ніколі Теслі (передбачив створення електронного мікроскопа).

В 20 р.р. ХХ сторіччя американський фізик-теоретик російського походження Георгій Антонович Гамов вперше запропонував рівняння, яке описує можливість подолання часткою потенційного

бар'єру за умови, коли її енергія менше його висоти.

Це унікальні властивості для квантових часток, у тому числі електронів. Їхнє проникнення через бар'єр із втратою енергії – «тунельний ефект» (називається тунелюванням).

Нідерландський професор Фриц Цернике відкрив метод фазового контрасту (1933р.) і створив перший фазово-контрастний мікроскоп (Нобелівська премія, 1953р.).

1986р. Нобелівською премією нагороджені Ернст Август Руска (1939р.), Макс Кноль (німецькі фізики) – розроблювачі електронного мікроскопа роздільною здатністю 10 нм.

У 1956р. створений растровий мікроскоп, у якому світло виходить із отвору в непрозорому екрані і освітлює об'єкт. Світло, яке пройшло через зразок або відбитий від нього, і який попадає назад в отвір, реєструється в процесі зворотно-поступального руху і фіксує зображення деталей менше половини довжини хвилі.

Радянські вчені Дмитро Миколайович Гаркунов і Ігор Вікторович Крагельський при аварії авіаційної техніки в 1956р. відкрили явище вибіркового переносу при терті. Особливість процесу полягає, у формуванні так званій, «сервовитній плівці» товщиною приблизно 100 нм, здатної в десятки раз знизити втрати на тертя і інтенсивність зношування з'єднань у машинах.

1959р. Професор Каліфорнійського університету Річард Фейман прочитав лекцію «Там унизу багато місця» (Нобелівський лауреат, 1960р.). Мова йшла про маніпуляцію атомів. Так він висунув ідею, за якою нам нічого не заважає «ніякий фізичний або хімічний закон міняти для зміни взаємного розташування атомів», тобто запропонував використовувати атоми як звичайний будівельний матеріал.

Найбільш актуальною, в цьому випадку, залишалось завдання створення устаткування для вивчення атомної будови конструкційних матеріалів на нанорівні.

Американський фізик Рассел Янг (1966р.) запропонував п'єзоелектричний керуючий пристрій (п'єзодвигун), який застосовується сьогодні в скануючих тунельних мікроскопах для пошуку потрібних об'єктів на досліджуваних поверхнях.

Г. Бінінг розробив скануючий атомно-силовий мікроскоп. В 1986р. (до кінця року) працювало вже 40 скануючих мікроскопів і почали розвиватися нанотехнології.

Для того, щоб проводити дослідження необхідно: мати уста-  
ткування плюс система знань (фізика, хімія, біологія), плюс звички  
і уміння, плюс апаратура та знання в матеріалознавстві і технологі-  
чних операціях.

1989р. Американські дослідники Дональд Эйглер і Эрхард Швейцер (Каліфорнійський науковий центр) зробили сенсацію: за допомогою 35 атомів інертного газу ксенону на очищеній у надви-  
сокому вакуумі і охолодженої до 4°К поверхні монокристала ні-  
келю вони виклали назву своєї фірми. Для цього використовували  
скануючий мікроскоп. Напис зберігався не довго. Атоми випарува-  
лися.

2008р. Вчені ізраїльського технологічного інституту на честь  
60-річчя створення своєї держави створили цілу наноікону – Біб-  
лію. Зміст Старого Завіту був нанесений на кремнієву частку розмі-  
ром у шпилькову головку 0,5мм<sup>2</sup>. Текст був набраний за допомогою  
сфокусованого іонного пучка, який витравлював візерунок на золо-  
тій підложці (товщиною 200 нм), що покривала підставку на крем-  
нії. Нанесення тексту зайняло приблизно 1,5 години, а програмне  
забезпечення для керування цим процесом комп'ютера розробля-  
лося більш трьох місяців. Ознайомитися зі змістом цієї Біблії можна  
тільки за допомогою скануючого мікроскопа.

Спосіб штучного одержання і виділення твердого кристаліч-  
ного фуллерена було досягнуто в 1990р. співробітниками німець-  
кого інституту ядерної фізики Вольфгангом Кречмером і Давидом  
Хафманом.

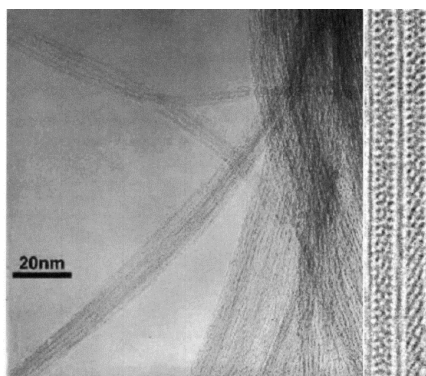


Рис. 1 – Вуглецеві  
нанотрубки

Вуглецеві нанотрубки відкриті  
в 1991р. японським дослідником Су-  
міо Інджіма (рис. 1). Це виявлено  
аналізом сажи, яка утворюється на  
катоді, коли при розряді вольтової  
дуги в атмосфері гелію розпиляється  
графіт.

Перші синтезовані нанотрубки  
– багатошарові композиції мали від-  
двох до семи шарів. Якщо додати ка-  
талізатор (невелика кількість поро-  
шку Co, Ni, Fe) – утворюються одно-  
шарові нанотрубки. Металева добавка є каталізатором, що запобі-  
гає утворення фуллерена в багатошарових нанотрубках. Добавки

забезпечують зниження температури синтезу, в результаті, вольтова дуга не перевищує температуру, при якій нанотрубки спікаються або зливаються один з одним.

В 1992р. у Шунгиті – вуглецевому мінералі виявлені природні фуллерени. Різні наночастинки і наноструктури знаходили в природних матеріалах таких, як лід, метеорити, обшивках орбітальних станцій, сажі і інших технологічних матеріалах.

1992р. К.Є. Дрекслер розглянув, на науковому рівні, завдання практичного застосування молекулярних нанотехнологій.

1994р. З'являються нанопорошки і розвиваються нанопокриття, нанохімічні препарати (наприклад, Фірма Синта, Кулиничі, Харківська обл.).

1998р. Роберт Беттс Лафлін, Хорст Людвіг Штермер і Дзніел Чи Цуи були нагороджені Нобелівською премією за відкриття дрібного ефекту Хола (у дуже сильних магнітних полях спостерігається кардинальна перебудова внутрішньої структури електронної рідини).

2004р. С. Деккер з'єднав вуглецеву трубку із ДНК та вперше одержав єдиний наномеханізм і відкрив дорогу розвитку біонанотехнологіям.

2000р. Жорес Іванович Алфьоров і американські вчені Герберт Кремер, Джек Килби (Нобелівські премії з фізики) створили напівпровідникові гетероструктури і інтегральні схеми. Світлодіодна техніка базується на гетероструктурах.

В 2010р. за прорив в одержанні двовимірного матеріалу (рис. 2) одержали Нобелівську премію Андрій Гейман і Костянтин Новосьолов.

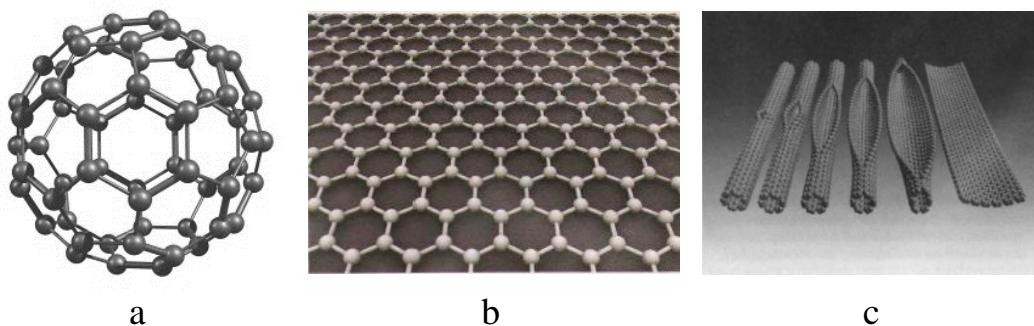


Рис. 2 – Структура фуллерена (C60) (а), кристалічна решітка графена – шар графіту товщиною в один атом (b), процес розгортання нанотрубки (с)



В 2011р. лауреатом Нобелівської премії за відкриття квазикристалів відзначені роботи Д. Шехтмана (Ізраїль). Виконані дослідження зробили революцію в уявленнях про те, як можуть розташовуватися атоми і молекули. Такі матеріали можуть використовуватися для створення надміцних і жароміцних покриттів, а також надавати різним сплавам зовсім нові властивості.

### **Нанотехнології в новинках завтрашнього дня**

Нанотехнології надають людству можливість більш ефективно і з меншими побічними ефектами пристосовувати природні умови до своїх потреб.

Нанотехнології здатні пристосовувати, структурувати процеси в потрібному напрямку. Важливою одиницею в оцінці нанотехнологій є атом. Залежно від компонентів вони відрізняються формою, розміром і вагою.

Нанотехнології займаються і оболонкою атома.

У харчовій промисловості атоми можуть бути приємні на смак. Крихітні отвори в сирі, у якому розташовуються мікроорганізми розміром 0,1 мкм. Вони надають смак сиру і їх можливо розглянути у біологічному растровому мікроскопі.

У медицині використання наночастинок ефективно і у нових ліках, які забезпечують блокування бактерій.

У природі однієї з найбільш тонких технологій у масштабі атома є процес фотосинтезу, який акумулює на розкладанні графіту енергію для життя на Землі. Якщо вміти відтворювати цей процес, то можливо одержувати необмежену кількість енергії.

В інституті металознавства ім. Макса Планка (Штутгарт), розкрили секрет прикріплення жуків, мух, павуків також лап пеканів до вертикальної поверхні і стелі (рис. 3). Вони втримуються за допомогою крихітних волосків, які утворюють ван-дер-ваальсовий зв'язок з поверхнею, на якій вони сидять. Чим важче істота, тим тонші і численніші волоски (це нанотехнологічні засоби зчеплення).

Морська зірка, наприклад, не маючи ока яке бачить, за наявності небезпеки йде в укриття. Виявляється, що у її товстому дископодібному панцирі є суцільно посипані ділянки досконаліших мікролінз. Це – нанотехнології. Як вони утворюються? Присутність невеликої кількості Mg запобігає появі небажаної кольорової крайки, вона тобто користується хитрощами, які колись прославили фірму Карла Цейсса.

Нанотехнології можуть використовуватися і за межами можливості природи, тобто для їхнього одержання потрібне додаткове втручання людини.

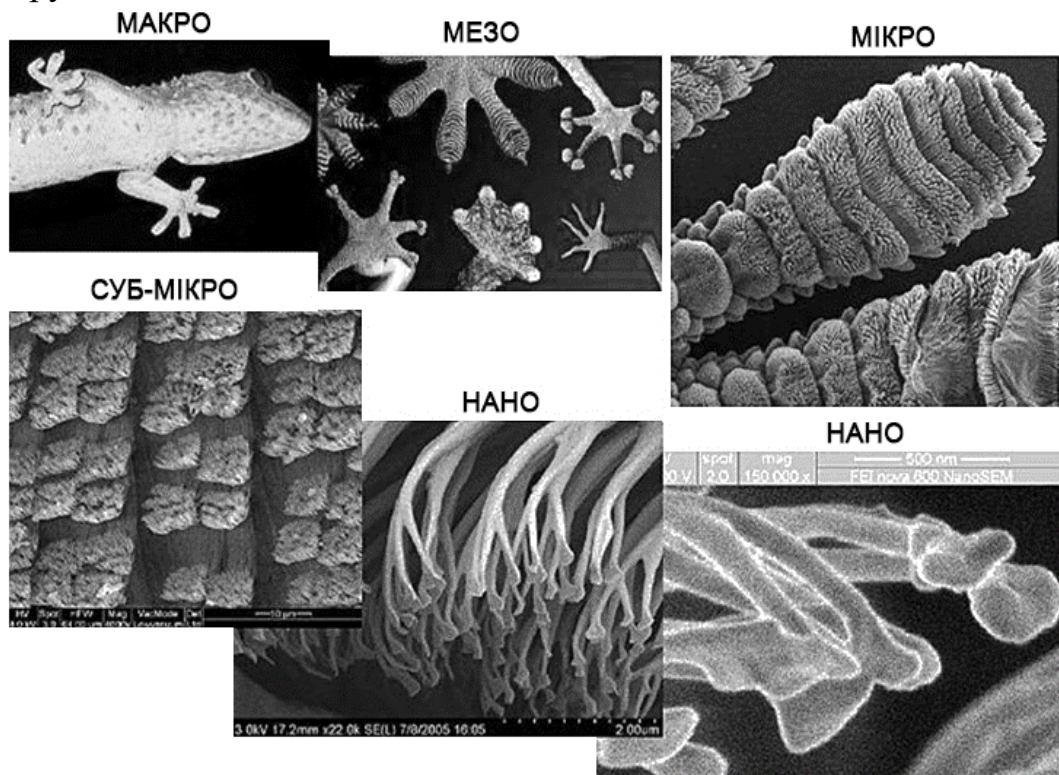


Рис. 3 – Будова лап гекона ([К. Autumn et al. American Scientist 2006, 124])

Так, наприклад, поміщені в нафту наночастинки магнетиту (оксиди Fe) зі спеціальним покриттям перетворюють її у ферорідину. Форму, рідину якої можливо змінити за допомогою магнітного поля.

Такі рідини знаходять застосування в якості ущільнюючого матеріалу для ротаційних сальників у вакуумних контейнерах і при установці жорстких дисків або в регульованих демпферах коливань для автомобілів і устаткування (використовують наночастинки розміром 20-900 нм).

Частинки теллурида кадмію флуоресціюють, а випромінюваний колір залежить від розміру часток (окрас кузова машин).

У техніці нанотехнології використовують у скануючих зондах, які виконують роль очей у космосі. Телескоп «Ньютона» уловлює гама випромінювання від віддалених об'єктів за допомогою 58 відбивачів розміром зі сміттєвий кошик. Відбивачі мають форму,

поміщених друг у друга виробів, як цибулинні шари і наповнені парами золота. Шар не перевищує 0,4 нм (рекорд для нанотехнологій). Це розробка фірми Карл Цейсс. На цьому принципі заснований скануючий тунельний мікроскоп, прабатько всіх скануючих зондів.

У літографії нанотехнології використовують як спосіб виробництва комп'ютерних мікросхем за допомогою світла. Мікросхема є тривимірною структурою. Усі її елементи розташовуються в ній на окремих шарах, число яких досягає 25-30 і для кожного з них потрібний власний шаблон. Структура шаблону проектується на пластину за допомогою світла і системи лінз з установкою послідовного крокового мультиплицювання – приладу, який нагадує епідіаскоп. Кожний новий шаблон додає мікросхемі нову функцію, збільшуючи її складність.

У промисловості нанотехнології використовуються як дослідницьке устаткування:

- Електронний мікрорентгеноаналізатор
- Спектрометр для рентгенівського спектрального аналізу.

Це основний інструмент одержання знань про наносвіт.

➤ Вимірювання мікротвердості для гомогенної структури – і з малими навантаженнями (нанотвердість).

Конструювання матерії на нанорівні – це всілякі соуси з наночастинками наповнювача і є типовим представником колоїдного розчину.

Колоїдний розчин – склад, у якому безліч дрібних часток перебуває в стійкому, зваженому стані в іншій речовині.

Приклад:

Соус Беарнез – краплі оцту зважені в топленому маслі. Креми й фарби – також є колоїдами. Золь/гель – технології дозволяють колоїдам впроваджуватися в область високих технологій.

Нанотехнології в суспільстві:

- Наноелектроніка – ноутбуки;
- Електронний зв'язок;
- Ноутбуки – транзисторна технологія, яка використовується в комп'ютерних процесорах, позначається CMOS (комп'ютерна структура метал-оксид-напівпровідник).

Це дозволило зменшити комп'ютерні транзистори до 20 нм. У дуже тонких структурах починають проявлятися хвильові властивості електрона, який описується квантовою теорією. Завдяки мінімізації структур до 45 нм на одному чипі може поміститися більш мільярда транзисторів;

- Електронний годинник;
- Магнітні кристали пам'яті.

#### Нанотехнології майбутнього в повсякденном житті:

- Магнітні шари для компактних запам'ятовувальних пристроїв;
- Паливні батареї для постачання енергією стільникових телефонів і транзисторних засобів;
- Рами велосипедні з маркерних нанотрубок, які при високій міцності відрізняються легкістю;
- Одяг, який здатний при русі вимірювати пульс і дихання;
- Тазостегнові суглоби, зроблені з біосумісних з організмом людини матеріалів;
- П'єзопідставки, що виключають небажану вібрацію;
- Віконне скло зі спеціальним покриттям проти подряпин і забезпеченням ефекту «Лотоса»;
- Світловипромінюючі діоди, які по своїй потужності можуть змагатися з лампами розжарювання;
- Порошки для лікування рака, у тому числі і хребта.

#### Нанотехнології в машинобудуванні:

- Покриття, зроблені за допомогою золь/гель технологій, що містять тверді наночастинки, можуть зробити лобове скло машин стійким до появи подряпин, при цьому залишаючись прозорими, тому що наночастинки на стільки малі, що не розсіюють світло;

Вони також можуть регулювати мікроклімат у кабіні, відбивати світлові і теплові випромінювання, забезпечувати освітлення, у тому числі фар (світловипромінюючі діоди);

- Покриття (фарба) – верхні шари можна перетворити у фотоелемент. Отриману енергію можна використовувати для перезарядження батареї під час стоянки або для забезпечення прохолоди;
- Зміцнюючі покриття на деталях;
- Готові вироби зі зміцненням при виготовленні;
- При ремонті і відновленні.

#### **Основні способи одержання наноматеріалів**

- Фуллеренова дуга – синтез у плазмі дугового розряду.
- Газофазний метод одержання фуллерена C<sub>60</sub>. Температура процесу 4000°C.

➤ Каталітичне розкладання вуглеводнів. Продування кварцової трубки з металевим порошком при 700-1000°C із сумішшю газоподібного вуглеводню (вуглецеві нитки, багатошарові нанотрубки, металеві частки, покриті графітовою оболонкою).

➤ Порошкова технологія – метод Глейтера (газофазне осадження, компактування), електророзрядне спікання, гаряча обробка тиском, високі статичні і динамічні тиски для різних температур.

➤ Інтенсивна пластична деформація. Одержують метали і сплави.

➤ Кристалізація з аморфного стану. Спочатку одержують аморфний матеріал, а потім проводять обробку з використанням звичайних і високих тисків.

➤ Плівкова технологія. Хімічне осадження покриттів з газової фази або технологія золь/гель.

Одержують метали, сплави, полімери, хімічні сполуки, а також фрагменти речовин, здрібнені до нанорозмірів.

Одним з головним хімічних елементів, яким цікавляться вчені в області нанотехнологій, є вуглець і його алотропічні форми.

### **Зміцнення і відновлення деталей**

На кафедрі «Технологічні системи ремонтного виробництва» розробляються нові підходи у використанні нанотехнологій при зміцненні і відновленні деталей з різних сталей і чавунів. Для цього створене спеціальне устаткування, яке забезпечує дозоване введення порошкових композицій, наноалмазів і спеціально підготовленої детонаційної шихти від утилізації боєприпасів.

Дослідженнями було встановлено, що використання нанодобавок для модифікування, дозволяє якісно відновлювати дефекти навіть у виробках із сірого чавуну. На рис. 4 наведено макроструктура зон із заварюванням дефектів, де чітко видно, що дозоване введення модифікуючої домішки у наплавлення, в 5 разів зменшує зону термічного впливу (з 1000 мкм до 185 мкм), формує покриття без тріщин, на границі сплавлення не з'являються дефекти і тріщини, а перехідна зона характеризується хвилястою будовою, яка забезпечує міцність зчеплення. При заварюванні дефектів дротом або електродом з обмазкою модифікуючої домішки суттєво зростає і мікротвердість з Н-50-250 до Н-50-720 (рис. 5).

Висока ефективність досягається і при відновленні зношених

виробів з вуглецевих і легованих сталей наплавленням з додаванням наноалмазів (експлуатаційна стійкість підвищується в 1,54 рази), а при введенні детонаційної шихти на 15%.

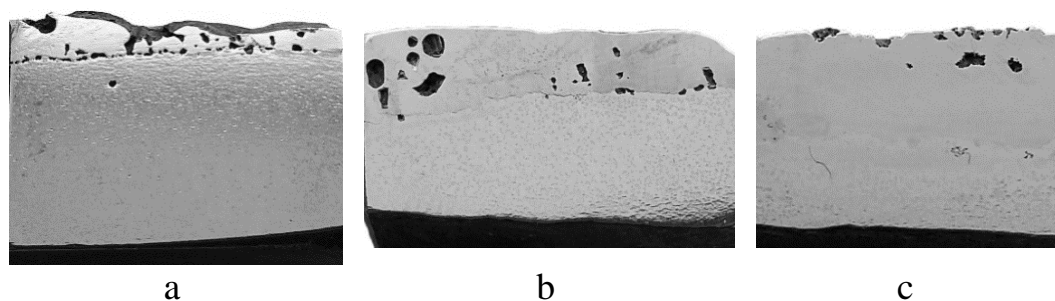


Рис. 4 – Макроструктура зон наплавлення тріщин: а – без введення модифікатора; б – з модифікуванням шлікерним покриттям; с – модифікатором з обмазкою електрода

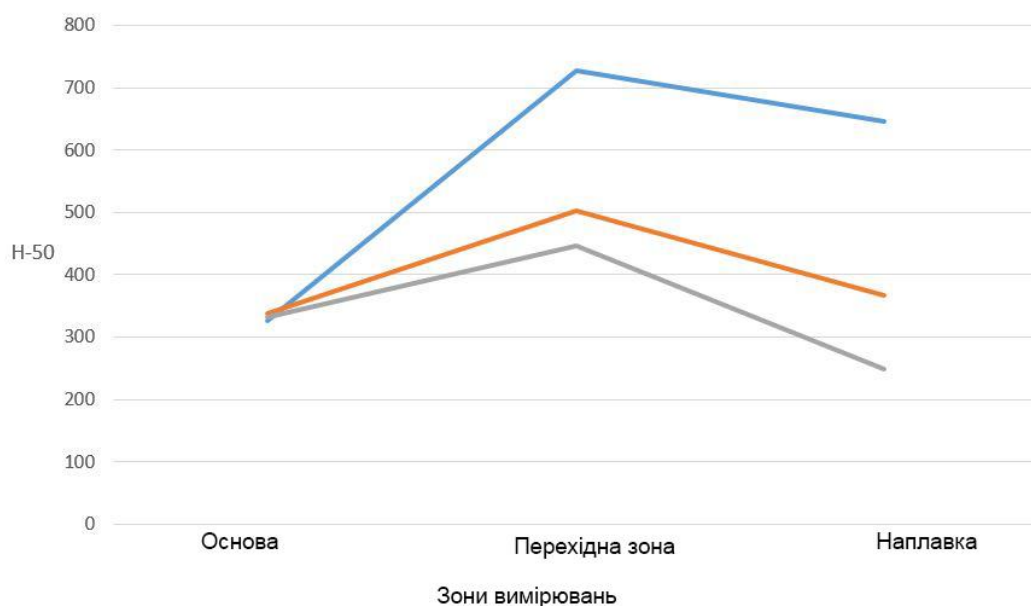


Рис. 5 – Вплив модифікуючих домішок на мікротвердість відновленого наплавленням сірого чавуну: 1 – без модифікатора; 2 – введення домішки в шлікерне покриття; 3 – введення домішки обмазкою електрода

Для відновлення деталей паливної апаратури запропоновано метод модифікування наноалмазами в процесі електролітичного нарощування зношеного шару хромуванням. З метою ефективного використання такої технології запропоновано дозоване введення домішки за постійної її підтримки в рівномірному розподілі в

усьому періоді технологічного процесу. Це досягнуто завдяки використанню магнітної мішалки, яка перешкоджає осіданню на дно ванни модифікатора.

Такий метод хромування суттєво зменшує газовиділення і сприяє формуванню компактних зміцнюючих виділень наноалмазів у вигляді окремих включень, пронизаних хромом. На рис. 6 показано формування виділень за діючою і запропонованою технологіями. Нова технологія забезпечує підвищення мікротвердості до Н-50-1600.

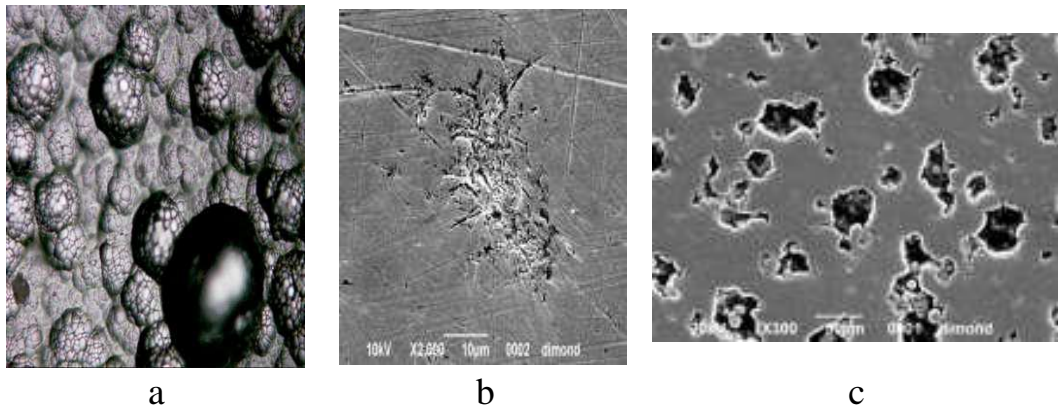


Рис. 6 – Структура хромованого покриття без введення наноалмазів з грубим зерном і порами,  $\times 500$  (a); мікроструктура покриттів з модифікуванням хромового електроліту УДА (b); розподіл включень наноалмазів у хромованому покритті з використанням розробленої технології (c)

Істотний внесок у підвищення стійкості тонкостінного інструмента в харчовому виробництві (для піддріблення горіхів) внесли розробки кафедри по зміцненню тонкостінних ножів ( $\varnothing 68$  мм і товщиною 0,64 мм із ріжучою крайкою 0,1 мм). При пошуку оптимальної технології зміцнення такого інструменту досліджували різні підходи, як конструктивні (з нанесенням ребер жорсткості), так і по товщині та матеріалу покриттів. У якості покриттів використовували WC, CrN, TiN. При цьому аналізували товщину покриттів від 50 нм до 3,0 мкм. Найбільш дешевим і ефективним виявилось покриття TiN товщиною до 3,0 мкм.

За поточною технологією (без зміцнення) такі ножі експлуатуються добу і руйнувалися за рахунок втомної пошкоджуваності, згину ріжучої крайки (рис. 7).

Нова технологія з використанням нанопокриттів на перших

етапах застосування забезпечила підвищення стійкості в 11-57 разів (див. рис. 7), а із збільшенням загальної товщини багат шарового нанопокриття тіл до 3,0 мкм – в 210 разів.

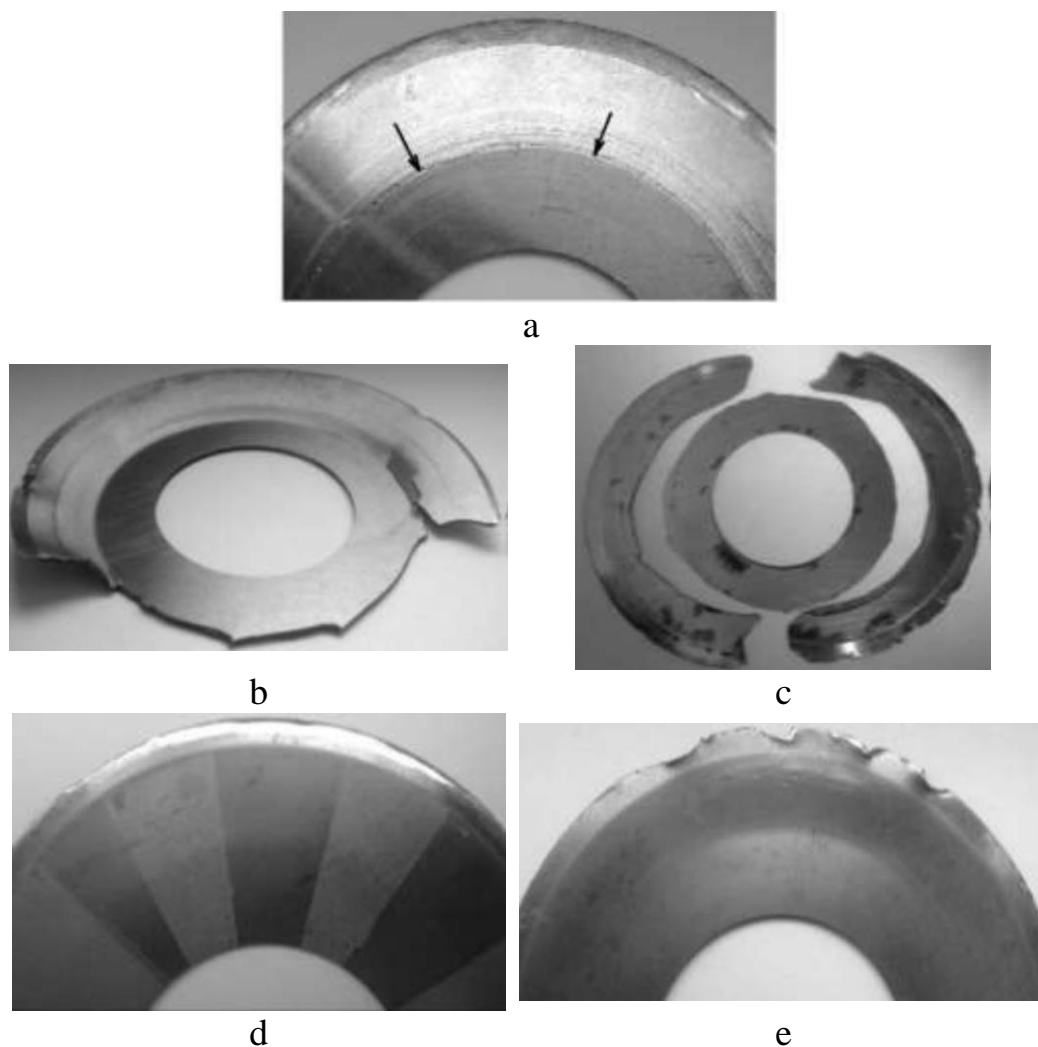


Рис. 7 – Втомна пошкодженість основної частини ножів: а – кільцева тріщина; б – втрата планшетності, зміна форми; с – руйнування інструмента на окремі кільцеві складові; д – зовнішній вигляд ножа з ребрами жорсткості, покриття WC товщиною 50 нм після експлуатації; е – зовнішній вигляд ножа з покриттям WC товщиною до 50 нм після експлуатації

Для нанесення покриттів використовували вакуумно-дуговий метод. Нанесення покриттів проведено фахівцями Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» (ННЦ ХФТІ) (м. Харків).



## Література

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; за ред. проф. О.І.Сідашенка, О.А.Науменка. Підручник: (Затверджено МОН України як підручник для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом підготовки «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» від 21.06.10 № 1/11 – 545) - К.: Агроосвіта, 2015. – 665 с.

2. Практикум з ремонту машин: Навчальний посібник /О.І. Сідашенко, Т.С. Скобло, В.А.Войтов та ін.; За ред. О.І. Сідашенка, О.В. Тіхонова. – Харків.: ХНТУСГ, 2007. – 415с.

3. Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Мартиненко О.Д. та ін. Практикум з ремонту машин та обладнання. Методичні рекомендації та завдання щодо виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форми навчання – Х: ХНТУСГ, 2015 – 196 с.

4. Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С. та ін. Українсько-англійський словник термінів технологічних систем ремонтного виробництва /Навчальний посібник (Рекомендовано Вченою радою Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка ,протокол №10 від 30 червня 2016 року як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації).- Харків : ХНТУСГ, 2016 - 412с

5. Теоретические основы технологии ремонта машин: Учебник в 3-х томах /Под ред. А.И. Сидашенко, А.А. Науменко. Том 1. (Теория и технология производственных процессов ремонта машин). Харьков: ХНТУСХ, 2005.- 590с.

6. Основи трибології: Підручник / Антипенко А.М., Белас О.М., Войтов В.А. та ін. / За ред. Войтова В.А. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – 342с.

7. Технология ремонта машин. Учебник / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.А. Очковский и др. Под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488с.

8. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве: / В.И. Черноиванов, В.В. Бледных, А.Э. Северный и др.; Под ред. В.И. Черноиванова. – Москва – Челябинск: ГОСНИТИ, ЧГАУ, 2003. – 992с.

9. Проектирование ремонтно-технологической документации /А.К. Автухов, А.В. Тихонов, В.А. Бантковский, В.Ф. Карпусенко.

– Харків, ХГТУСХ, 2001. – 45с., илл.

10. Виконання та оформлення курсових і дипломних проектів / Сідашенко О.І., Карпусенко В.П., Мартиненко О.Д., Польотов В.А. та ін. – Харків, ХНТУСГ, 2005. – 88с.

11. Надійність сільськогосподарської техніки: Підручник. Друге видання, перероблене і доповнене: /М.І. Черновол, В.Ю. Черкун, В.В. Аулін та ін.; Заг. ред. М.І. Черновола. – Кіровоград: КОД, 2010. – 320с.: ил.

12. Економіка ремонтного підприємства: Підручник.: / В.К. Аветісіян, В.А. Бантковський, А.П. Луценко та ін.; За ред. В.К. Аветісіяна – Харків.: ХНТУСГ, 2005. – 389с.

## НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Сідашенко Олександр Іванович  
Тіхонов Олександр Всеволодович  
Лузан Сергій Олексійович  
Скобло Тамара Семенівна  
Пільгуй Наталья Миколайовна  
Аветісян Віктор Казарович  
Сайчук Олександр Васильович  
Маніло Вадим Леонідович

# ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ КУРС ЛЕКЦІЙ

## Навчальний посібник

Комп'ютерна верстка: Маніло В.Л., Аветісян В.К., Тіхонов О.В.

Підписано до друку 24.07. 2017р  
Формат 70x108 1/16 Папір офсетний. Друк різнографічний.  
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 15,6 \_\_\_\_  
Обл. – друк. арк. 16,4  
Наклад 100 прим. Зам № \_\_\_\_

Видавець: Рожко Сергій Григорович  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру видавців, виготовлювачів  
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК №4924 від 24.06.2015року.

Адреса для листування:

а/с 11437, м. Харків, 61171

E-mail: sergiyrozsko@gmail.com

Надруковано: ООО «ПромАрт», Цифрова типографія,  
м. Харків, вул. Весніна 12, +38(095)445-07-79,  
+38(057)717-28-80, E-mail: info@promart.in.ua

