



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ



ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

А. В. КОВАЛЕНКО,

М. А. ГОЛТВ'ЯНСЬКИЙ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисциплін

"РЕМОНТ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ"

*(для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальностей
7.092201(7.05070202), 8.092201(8.05070202)*

"Електричні системи і комплекси транспортних засобів"

та 5-6 курсів заочної форми навчання спеціальності 7.092201(7.05070202)

"Електричні системи і комплекси транспортних засобів"),

"РЕМОНТ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ"

*(для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання
напряму підготовки 0922 (6.050702) "Електромеханіка")*

Частина III

Харків – ХНАМГ – 2011

Коваленко А. В. Конспект лекцій з дисциплін «Ремонт транспортних засобів» для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальностей 7.092201 (7.05070202), 8.092201 (8.05070202) "Електричні системи і комплекси транспортних засобів" та 5-6 курсів заочної форми навчання спеціальності 7.092201 (7.05070202) "Електричні системи і комплекси транспортних засобів"), "Ремонт технічних засобів електричного транспорту" (для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 0922 (6.050702) "Електромеханіка") Частина III.) / А. В. Коваленко, М. А. Голтв'янський; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 138 с.

Автори: доц., к.т.н. А. В. Коваленко,
доц., к.т.н. М. А. Голтв'янський

Рецензент: проф., д.т.н. В. П. Шпачук

Рекомендовано кафедрою електричного транспорту,
протокол №2 від 09.09.2009 р.

Зміст

15. Відновлення деталей гальванічними і хімічними покриттями.....	6
15.1. Фізична сутність нанесення гальванічних покриттів.....	6
15.2. Фізична сутність електродної поляризації.....	11
15.3. Фізична сутність розсіювальної здатності електролітів.....	12
15.4. Властивості гальванічних покриттів.....	14
15.5. Технологічний процес нанесення зносостійких гальванічних покриттів...18	
15.5.1. Підготовка деталей до нанесення гальванічного покриття.....	18
15.5.2. Насталювання деталей.....	24
15.5.3. Хромування деталей.....	27
15.5.4. Нікелювання деталей.....	31
15.5.5. Обробка деталей після нанесення покриття.....	33
15.5.6. Захисно-декоративні покриття.....	34
15.6.Способи нанесення гальванічних покриттів.....	36
15.6.1. Характеристика ванних способів.....	36
15.6.2. Характеристика безванних способів.....	38
15.7. Автоматизація технологічного процесу нанесення гальванічних покриттів.....	43
15.7.1. Автоматичне регулювання щільності струму.....	43
15.7.2. Автоматичне регулювання температури електроліту.....	45
15.8. Шляхи удосконалення технології гальванічних покриттів.....	46
15.8.1. Розробка нових електролітів.....	48
15.8.2. Розробка нових технологічних засобів.....	48
16. Відновлення деталей паянням.....	52
16.1. Фізична сутність паяння.....	52
16.2. Класифікація паяльних матеріалів та інструменту та їх характеристика.....	53
16.2.1. Класифікація припоїв і їх характеристика.....	53
16.2.2. Класифікація флюсів і їх характеристика.....	55

16.2.3. Класифікація паяльного інструменту.....	57
16.3. Технологічний процес відновлення деталей паянням.....	60
16.3.1. Технологічний процес відновлення деталей паянням низькотемпературними припоями.....	60
16.3.2. Технологічний процес відновлення деталей паянням високотемпературними припоями.....	62
17. Відновлення деталей шляхом застосування синтетичних матеріалів.....	64
17.1. Класифікація пластмас і властивості їх композицій.....	65
17.1.1. Властивості композицій термопластичних пластмас.....	65
17.1.2. Властивості композицій термореактивних пластмас.....	69
17.2. Класифікація клейових матеріалів та їх властивості.....	71
17.3. Класифікація герметизуючих полімерних матеріалів.....	76
17.4. Технологічні процеси відновлення деталей шляхом застосування синтетичних матеріалів.....	77
17.4.1. Технологічний процес усунення механічних пошкоджень деталей.....	78
17.4.2. Технологічні процеси усунення зміни геометричних форм і розмірів деталей.....	82
17.4.3. Рекомендації з відновлення нерухомих з'єднань підшипників кочення.....	87
17.4.4. Технологічні процеси відновлення нерухомих з'єднань підшипників кочення.....	89
18. Відновлення властивостей ізоляції обмоток електричних машин і котушок електричних апаратів просочуванням у лаках та компаундах.....	93
18.1. Фізична сутність відновлення властивостей ізоляції просочуванням у лаках та компаундах.....	93
18.2. Класифікація просочуючих речовин.....	94
18.3. Сушіння просочених обмоток.....	95
18.4. Класифікація методів просочування.....	98
18.5. Типовий технологічний процес просочування обмоток полюсів.....	104
18.6. Типовий технологічний процес просочування якірних обмоток.....	105

18.7. Типовий технологічний процес компаундування катушок електричних апаратів.....	107
19. Застосування лакофарбового покриття в ремонтному виробництві транспортних засобів.....	108
19.1. Загальні поняття про лакофарбові матеріали і покриття.....	108
19.2. Фізична сутність нанесення лакофарбового покриття.....	111
19.3. Технологічний процес нанесення лакофарбового покриття.....	113
19.3.1. Приготування лакофарбових матеріалів.....	113
19.3.2. Підготовка поверхні деталі до нанесення лакофарбового покриття.....	113
19.3.3. Нанесення лакофарбових матеріалів.....	118
19.3.4. Сушіння лакофарбового покриття.....	129
19.3.5. Контроль якості лакофарбових покриттів.....	132
Список джерел.....	137

15. Відновлення деталей гальванічними і хімічними покриттями

У ремонтному виробництві транспортних засобів при відновленні його деталей знайшли широке застосування гальванічні й хімічні покриття для усунення одного з найбільш поширених дефектів – зміни розмірів та геометричних форм робочих поверхонь. Крім того, ці покриття застосовують як антикорозійні і захисно-декоративні.

З гальванічних покриттів найбільш часто застосовують хромування, настальювання, нікелювання, а також цинкування і міднення, серед хімічних покриттів – хімічне нікелювання, оксидування, вороніння та фосфатування.

Гальванічні й хімічні покриття застосовують для усунення незначних за величиною зносів робочих поверхонь деталей. Максимальна товщина нанесення шару металу під час хромування, нікелювання і настальювання відповідно складає 0,5; 1,5; 2,0 мм. Порівняно з іншими способами відновлення ці покриття мають цілий ряд переваг, зокрема:

- відсутність термічної дії на деталь, що викликає небажану зміну структури металу і фізико-механічних властивостей;
- отримання з великою точністю заданої товщини покриття, що дозволяє зменшити до мінімуму припуск на наступну механічну обробку;
- одночасне відновлення великої кількості деталей, що зменшує собівартість одиниці виробу;
- можливість автоматизації нанесення покриттів.

15.1. Фізична сутність нанесення гальванічних покриттів

У 1838 р. відомий російський вчений академік Б.С. Якобі розробив технологічний процес нанесення на робочу поверхню деталі гальванічних покриттів, застосувавши на практиці раніше відкриті закономірності електролізу. Крім того, він виявив розсіюючу здатність електролітів, визначив властивості гальванічних покриттів і фактори, від яких вони залежать.

Окремі закономірності електролізу

Електроліз – це зміна хімічного складу розчину під час проходження через нього електричного струму, що обумовлена втратою або приєднанням електронів іонами чи молекулами розчинених речовин. Тобто електроліз – це хімічний процес, що протікає на електродах під час проходження через електроліт електричного струму. Хімічні процеси відбуваються за рахунок зовнішньої електричної енергії у спеціальних пристроях, які називають **електролізерами**, або гальванічними ваннами.

Експериментально встановлено, що під час знаходження електрода (металевого стержня) в розчині будь-якої солі металу електрода цей електрод буде розчинятися і його метал переходить до розчину солі, створюючи позитивно заряджені іони. Поступове збільшення концентрації металу в розчині сприяє тому, що електрод розчиняється менш інтенсивно, а при досягненні певного значення розчин стає насиченим і встановлюється рухома рівновага іонів металу. Певна кількість іонів переходить до розчину солі, а також їх кількість з розчину осідає на електроді. Перехід іонів у розчин порушує електричну нейтральність металу електрода і розчину. Внаслідок електростатичного притягання між іонами в розчині солі і надмірними електронами на поверхні електрода на межі метал – розчин виникає подвійний електричний шар з різницею потенціалів (напругою), яку називають **електродним потенціалом**. Електродний потенціал у момент встановлення рухомої рівноваги іонів металу називають **рівноважним**. Безпосередньо виміряти можна тільки різницю електродних потенціалів декількох електродів (не менше двох), але не електродного потенціалу окремого електрода.

Електродний потенціал окремого електрода називають **абсолютним електродним потенціалом**. Його значення також неможливо визначити теоретично, застосовуючи відомі молекулярно-кінетичні методи розрахунку або термодинамічні залежності.

Чисельне визначення електродного потенціалу між двома електродами залежить від концентрації іонів металу в розчині солі. Електродний потенціал металу, що знаходиться в розчині своїх власних іонів, активність якого складає 1 моль-іон/л, називають нормальним, або стандартним. Розміщуючи метал за порядком чисельних значень їх нормальних потенціалів, був створений електрохімічний ряд напруг металів.

Розклад молекул розчинених речовин на іони під час їх взаємодії із розчинником називають *електролітичною дисоціацією*. Іони, що виникли в результаті електролітичної дисоціації, рухаються в електроліті безладно (хаотично). Якщо в електроліті розмістити два струмопровідних електроди і підключити їх до джерела постійного струму, то в замкнутому електричному колі потече електричний струм, під дією якого іони рухатимуться направлено. Електрод, підключений до негативного полюса джерела струму, називають катодом, а електрод, підключений до позитивного полюса, – *анодом*. Позитивно заряджені іони (іони металів і водню) переміщуються до катода, тому їх називають *катіонами*, від’ємно заряджені іони (іони металоїдів і кислотних залишків) – до анода, їх називають *аніонами*.

Досягнувши поверхні електрода, кожний позитивно заряджений іон розряджується і перетворюється в нейтральний атом. Таким чином, на катоді осаджуються метал і водень, тобто відбувається реакція відновлення, в результаті якої з’єднуються нейтральні атоми. Одночасно на аноді розряджуються від’ємно заряджені іони і виділяється кисень, тобто відбувається реакція окислення. Метал анода розчиняється і переходить в розчин солі у вигляді іонів металу замість тих, що осіли на катоді.

Під час гальванічного покриття деталей як електроліт застосовують звичайний розчин солі осадженого металу. До цього електроліту додають деякі компоненти, що покращують властивості покриття і збільшують електропровідність електроліту. Катодом виявляється очищена і підготовлена деталь, робочі поверхні якої підлягають відновленню, а анодом – пластина з осадженого металу. В окремих випадках анод виготовляють з металу або сплаву, який в даному електроліті не розчиняється. Такий анод називають нерозчинним. Його виготовляють із свинцю або графіту.

Отже, електроліз полягає в тому, що іони металу, які знаходяться в електроліті, розряджуються на катоді, переходячи в атомарний стан, і осаджуються на ньому. Атоми створюють кристалічні грашки, покриваючи поверхню відновлюваної деталі шаром металу. Анод розчиняється і цим підтримує концентрацію електроліту.

В основі закономірностей електролізу покладені два кількісні закони, які відкрив М.Фарадей в 1833-1834 рр. Згодом їх назвали законами Фарадея:

маса речовини, що виділилась на катоді або розчинилась на аноді, прямо пропорційна силі струму і часу його проходження, тобто прямо пропорційна кількості електрики, що

пройшла через електроліт;

під час проходження однієї і тієї ж кількості електрики через різні електроліти маси речовин, що виділилися або розчинилися, пропорційні їх хімічним еквівалентам.

Ці закони виражають зв'язок між кількістю електрики і кількостями та природою речовин, що зазнають хімічні перетворення під час проходження струму. В загальному вигляді їх зображують формулою

$$m = C \cdot I \cdot \tau, \quad (15.1)$$

де m – маса речовини, що виділилася на катоді або розчинилася на аноді, г;

I – сила струму, що проходить через електроліт, А;

τ – тривалість електролізу, год;

C – електрохімічний еквівалент речовини, г/(А·год).

Кожна електрохімічна реакція речовини характеризується електрохімічним еквівалентом. Останнім є маса речовини, що виділилася на катоді або розчинилася на аноді під час проходження одиниці кількості електрики, тобто 1 кулона. Для кожної речовини електрохімічний еквівалент є постійною величиною. Він залежить від природи речовини і зв'язаний з хімічним її еквівалентом відношенням

$$C = \frac{M}{F}, \quad (15.2)$$

де M – хімічний еквівалент речовини;

F – постійна Фарадея.

Крім того, кожна хімічна реакція речовини, в свою чергу, теж характеризується своїм хімічним еквівалентом. Він являє собою відношення атомної ваги елемента речовини до його валентності в даному сполученні.

Постійна Фарадея – це позасистемна одиниця кількості електрики. Застосовують її в електрохімії. Вона являє собою кількість електрики, проходження якої через електроліт спричиняє хімічне перетворення одного моль-еквівалента речовини в кожного з електродів.

Моль-еквівалент (Авогадрове число) – це кількість грамів речовини, чисельно рівна хімічному еквіваленту.

У вуглецевій шкалі атомної ваги постійна Фарадея знаходиться в межі

$$F = 96491,4 \pm 1,1 \text{ Кулон/г-моль,}$$

тобто для виділення одного моль-еквівалента будь-якої речовини необхідно пропустити через електроліт $96491,4 \pm 1,1$ кулонів електрики.

Під час гальванічного покриття струм витрачається не тільки на осадження металу на катоді, але й на інші супутні процеси, зокрема, на нагрівання електроліту, електроліз води та ін. Тому дійсна маса осадженого металу на катоді буде значно меншою ніж теоретична. Її визначають за формулою

$$m_d = \eta \cdot c \cdot I \cdot \tau, \quad (15.3)$$

де m_d – дійсна маса осадженого металу, г;

η – коефіцієнт виходу металу по струму, %.

Коефіцієнт виходу металу по струму є важливим показником електролізу. Він показує, яка частина струму витрачається на осадження металу на робочих поверхнях деталі. Його визначають експериментально, використовуючи залежність

$$\eta = \frac{(m_2 - m_1)}{c \cdot I \cdot \tau} \cdot 100\%, \quad (15.4)$$

де m_1 і m_2 – маса деталі відповідно до і після покриття металом її робочих поверхонь.

Умови електролізу обумовлені складом, концентрацією електроліту і режимом роботи гальванічної ванни.

Режим роботи гальванічної ванни характеризується трьома основними показниками: кислотністю і температурою електроліту, щільністю струму.

Кислотність електроліту визначають в одиницях водневого показника рН, або г/л. Водневий показник дорівнює від'ємному десятковому логарифму від концентрації іонів водню в електроліті:

$$pH = -\lg H^+. \quad (15.5)$$

Цей показник вимірюють спеціальними приладами, зокрема, рН-метрами, електронними потенціометрами, або за допомогою індикаторного (лакмусового) паперу.

Щільність струму є відношенням сили струму, що проходить через катод, до величини площі його поверхні. Її представляють залежністю

$$D = \frac{I}{S}, \quad (15.6)$$

де S – площа поверхні електрода, дм^2 .

Щільність струму на катоді позначають через D_k , а на аноді – D_a . Крім того, на практиці застосовують об'ємну щільність струму. Вона показує, скільки ампер струму припадає на один літр електроліту. Її визначають в А/л.

Знаючи закони Фарадея і режим процесу електролізу, знаходять середню товщину гальванічного покриття, що осаджується на катоді, залежно від тривалості режиму процесу електролізу і, навпаки, визначають час, необхідний для отримання гальванічного покриття заданої товщини, за формулами

$$h = \frac{D_k \cdot C \cdot \eta \cdot \tau}{1000 \cdot \gamma}; \quad (15.7)$$

$$\tau = \frac{1000 \cdot \gamma \cdot h}{D_k \cdot C \cdot \eta}, \quad (15.8)$$

де h – товщина гальванічного покриття, мм;

γ – питома вага осадженого металу, г/см^2 .

Товщина гальванічного покриття залежить як від електродної поляризації, так і від розсіяної здатності електролітів.

15.2. Фізична сутність електродної поляризації

Встановлено, що електроліз відбувається тоді, коли до електродів від зовнішнього джерела струму подають певну величину напруги, що зсуває їх потенціали від рівноважного значення. Різницю між потенціалом електрода під струмом і його рівноважним потенціалом називають *електродною поляризацією* (перенапругою), або поляризацією електродів.

Під час електролізу змінюється концентрація іонів біля електродів, зокрема, біля катодів концентрація катіонів стає меншою, а біля анодів – більшою, ніж в основному обсязі електроліту, тобто збіднюється прикатодний шар електроліту і збагачується прианодний. Електродний потенціал залежить від концентрації іонів біля поверхні електрода. У зв'язку з її збільшенням або зменшенням змінюється і величина потенціалу, тобто виникає концентраційна поляризація електрода.

Іони переносяться з глибини електроліту до поверхні катода за рахунок дифузії, конве-

кції чи міграції. Фактори, що прискорюють переміщення іонів в електроліті і зменшують зміну їх концентрації біля електродів, знижують концентраційну поляризацію. До таких факторів відносяться: підвищення температури електроліту, його перемішування та ін.

Поляризація, що виникла під час електролізу внаслідок труднощів, які затримували протікання електрохімічних реакцій (розряду іонів та виникнення нових речовин), називається хімічною. Вона залежить від природи іона, що розряджується, складу і температури електроліту, природи і стану поверхні катода і характерна для металів групи заліза (залізо, нікель і кобальт).

Сумарна поляризація катода або анода складається з концентраційної і хімічної поляризацій. Їх відповідно називають катодною або анодною.

15.3. Фізична сутність розсіювальної здатності електролітів

Експериментально доведено, що навіть на плоских катодах, що розміщені на однаковій відстані від анодів, гальванічне покриття розповсюджується нерівномірно, зокрема, на кутах і краях товщина більша розрахункової, на середній частині – менша розрахункової. Особливо це явно спостерігається на профільованих виробках з великими виступами та заглибленнями.

Рівномірність розподілу товщини покриття залежить від природи електроліту. Вона неоднакова для виробів однієї і тієї ж форми, що покривалися в різних електролітах. Власливості електроліту давати рівномірне за товщиною покриття називають **розсіювальною здатністю**.

На товщину покриття значно впливає взаємне розміщення катода і анода. Для поліпшення результатів рівномірності покриття використовують наступні засоби:

встановлюють додаткові й фігурні аноди (рис. 15.1, а, д), які копіюють форму виробів, що покриваються, так, щоб відстані між всіма ділянками катода і анода були приблизно однакові;

використовують додаткові католи (рис. 15.1, б, г), які забирають на себе частину струму, що захищає ділянки і краї виробів від утворення наростів і дендритів наростів. Ці католи повинні мати електричний зв'язок з деталлю, що відновлюється;

застосовують неметалеві (не електропровідні) екрани (рис. 15.1, в), які виконують ту ж функцію, що і додаткові катоди, але на відміну від них не потребують витрат енергії;

збільшують відстань між відновлюваними деталями і анодами, внаслідок чого зменшується відносна різниця відстаней між ділянками деталей, що виступають і поглиблюються, і анодами.

Крім розсіювальної здатності розрізняють ще так звану покривальну здатність електроліту. На відміну від попередньої вона не дає уявлення про рівномірність товщини покриття, а тільки характеризує властивість електроліту покривати всю поверхню катода, в тому числі різноманітні поглиблення.

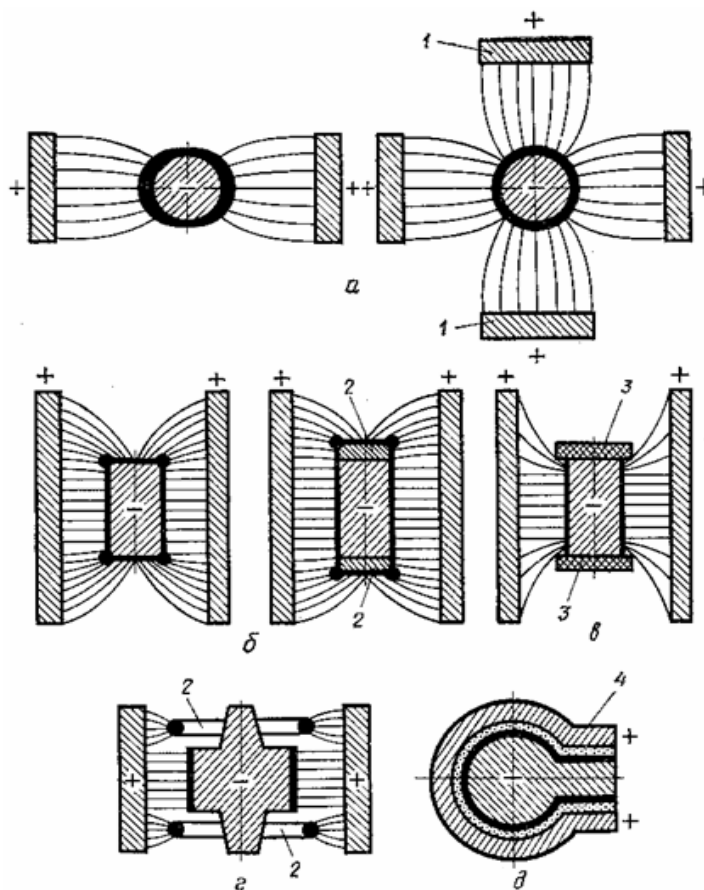


Рис. 15.1 – Засоби покращання рівномірності гальванічних покриттів шляхом встановлення:

a – додаткових анодів; б, г – додаткових катодів; в – неметалевих екранів; д – фігурних анодів; 1 – додаткові аноди; 2 – додаткові катоди; 3 – екрани; 4 – фігурний анод

15.4. Властивості гальванічних покриттів

Властивості гальванічних покриттів визначаються їх структурою. Під структурою розуміють розмір і форму кристалів. Вона може бути крупно- і дрібнокристалічною, волокнистою, шаруватою, стовпчастою та ін. Визначену орієнтацію кристалів у покритті називають текстурою. Часто кристали називають зернами, а структуру – дрібно- й крупнозернистою.

Виділення металу під час електролізу розглядають як процес кристалізації (електрокристалізації). Метал при цьому виділяється на катоді при незвичайних умовах, що відрізняються від кристалізації із розплавленого стану. Тому і властивості металів, що електроосаджуються, відрізняються від властивостей тих же металів, що одержані металургійним шляхом. Так, для багатьох металів, в тому числі для заліза і хрому, характерним є підвищення твердості й крихкості.

Електрокристалізація складається з двох процесів, що одночасно протікають: утворення центрів кристалізації (кристалічних зародків) і зростання кристалів. Кожний з них відбувається з певною швидкістю, що залежить від умов електролізу. Залежно від співвідношення швидкостей утворення цих центрів і зростання кристалів змінюється структура покриттів і пов'язані з нею фізико-механічні властивості. Під час протікання першого процесу утворюється дрібнокристалічна структура, а при протіканні другого процесу створюється менше нових центрів, але збільшується зростання кристалів. Виникає крупнокристалічне покриття.

Найбільш цінні технічні властивості має дрібнокристалічне покриття. Тому необхідно знайти умови їх виникнення під час електролізу. Експериментально встановлено, що підвищення катодної поляризації завжди сприяє збільшенню швидкості зародження нових кристалів і створенню дрібнокристалічних покриттів. Отже, поляризація і структура покриття залежать від умов електролізу, зокрема, складу, концентрації, температури і кислотності електроліту, щільності струму, виду струму (постійний чи змінний), перемішування та ін.

Щоб зменшити розміри кристалів, треба до електролітів, що містять прості солі, вводити різні органічні речовини, зокрема, клей, фенол, желатин, декстин, сахарин та ін. Із цією ж метою, а також для підвищення електропровідності й розсіювальної здатності електролітів до них додають солі (наприклад, сірчано-кислий натрій додають в електроліт під час цинкування).

Із зменшенням концентрації електроліту покриття стає більш дрібнокристалічним. Але його розбавлення зменшує щільність струму і продуктивність процесу, а іноді й вихід металу по струму.

На структуру покриття впливає режим електролізу. Підвищення щільності струму і зниження температури електроліту спричиняє зниження розмірів кристалів. Але збільшувати щільність струму можна лише до певного значення. При високих значеннях його щільності прикатодний шар швидко збіднюється іонами металу, що розряджаються. Це сприяє осадженню напружених, крихких і неякісних покриттів з великою кількістю дендритів на виступаючих ділянках. Зниження концентрації і температури електроліту спричиняє зменшення допустимої щільності струму.

Щоб підвищити продуктивність процесу без зниження якості покриття, необхідно збільшити допустиму щільність струму за рахунок концентрації і температури електроліту, а також шляхом примусового інтенсивного перемішування (циркуляції).

Зниження кислотності електроліту погіршує якість покриття: воно стає темним, крихким і шорстким. Це пояснюється тим, що в прикатодному шарі утворюється гідроокис металу, який включається до покриття. Особливо кислотність впливає на структуру і властивості покриття під час осадження таких металів, як залізо, нікель і кобальт. Слід мати на увазі, що рН прикатодного шару вище, ніж рН в об'ємі електроліту (а кислотність менша), тобто прикатодний шар підлужується тим більше, чим більша щільність струму і менша температура електроліту.

Водень, що виділяється на катоді разом з металом, частково поглинається покриттям і погіршує його зовнішній вигляд і властивості, зокрема, сприяє

створенню пористості, крихкості, зменшенню зчеплюваності та інших дефектів.

Під час електроосадження металів відбувається спотворення їх кристалічних ґраток, тобто відбувається пружне зміщення атомів із рівноважного положення. До покриття включаються водень та інші сторонні частинки. Внаслідок цього виникають напруження розтягування.

Жорсткість режиму електролізу характеризується великою щільністю струму, малою концентрацією і температурою електроліту. Чим жорсткіше режим електролізу, тим більше дрібнозернистого покриття осаджується і тим вище в них внутрішнє напруження. Останнє може досягати великого значення і навіть перевищувати міцність на розрив самого покриття. У даному випадку в покритті виникають тріщини, в результаті чого воно стає пористим. Чим більше напруження, тим дрібніші й частіше зустрічаються тріщини.

Важливою характеристикою гальванічного покриття є твердість його металів. Вона найбільш доступна для вивчення і в той же час тісно пов'язана з іншими властивостями. Чим більша катодна щільність струму, тим вища катодна поляризація, внутрішнє напруження і твердість залізних покриттів (рис. 15.2). Чим жорсткіше режим електролізу, чим менші розміри кристалів, тим більша твердість покриття (рис. 15.3).

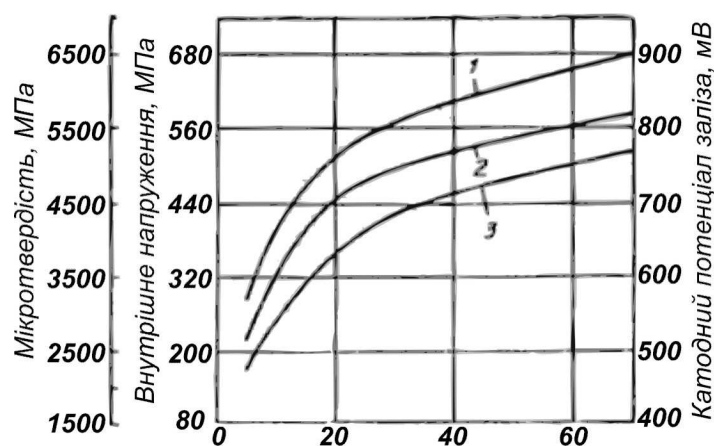


Рис. 15.2 – Залежність внутрішніх напружень (1), твердості залізних покриттів (2) і катодного потенціалу (3) від щільності струму

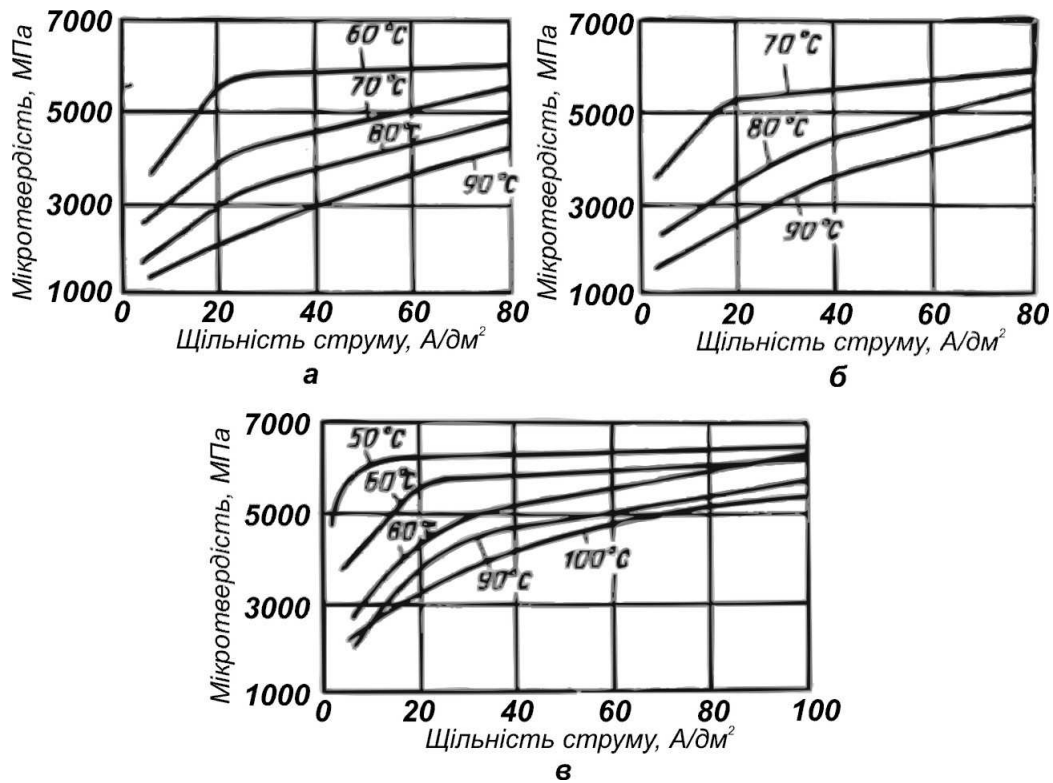


Рис. 15.3 – Вплив щільності струму і температури електроліту на мікротвердість залізних покриттів при концентрації $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (в г/л):
a – 600; *б* – 450; *в* – 200

Склад електроліту: $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 200 г/л; HCl – 1,0 г/л; t_e – 80°C

Найвищу зносостійкість мають покриття з високою твердістю і одночасно достатньою пластичністю. З рис. 15.4 видно, що оптимальне значення твердості залізних покриттів змінюється залежно від матеріалу спряженої під час тертя деталі.

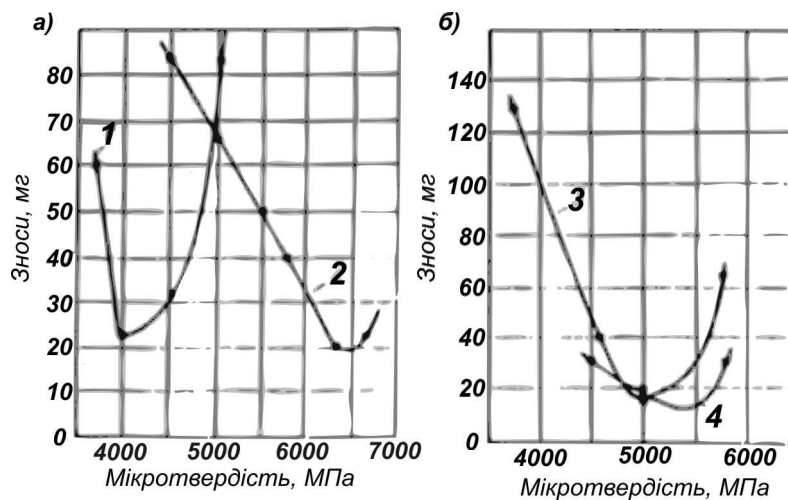


Рис. 15.4 – Залежність зносу (а і б) залізних покриттів від їх мікротвердості і матеріалу з'єднуючої деталі:

1 – алюмінієвий сплав АК-4; *2* – антифрікційний свинцево-олов'яно-сурмяний сплав; *3* – сірий чавун СЧ-15; *4* – бронза БрОЦ С6-6-4,5

Під час хромування залежно від умов електролізу в широких межах змінюються структура, твердість, зовнішній вигляд та інші властивості покриттів. Зменшення температури (рис. 15.5) електролізу і підвищення щільності струму спричиняють підвищення твердості покриття, а їх зовнішній вигляд змінюється від молочного до блискучого і сірого кольору. Найвищою зносостійкістю характеризуються блискучі хромові покриття. Молочні покриття мають найвищу пластичність і найкращі захисні властивості. Крім того, вони мають найменші внутрішні напруження і твердість.

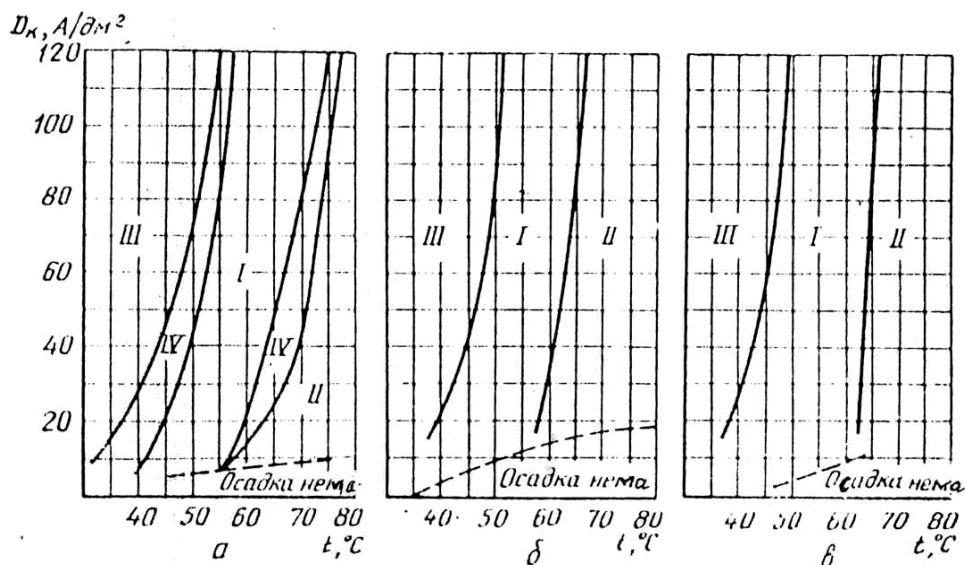


Рис. 15.5 – Залежність зовнішнього вигляду хромових покриттів від щільності струму і температури електроліту при концентрації (в г/л):
 а – 150 CrO₃; б – 250 CrO₃; в – 350 CrO₃; 1 – блискучий хром;
 2 – молочний хром; 3 – сірий хром; 4 – зони перехідних покриттів

15.5. Технологічний процес нанесення зносостійких гальванічних покриттів

Технологічний процес нанесення гальванічних покриттів складається з трьох технологічних операцій: підготовки деталей до нанесення гальванічного покриття, нанесення гальванічного покриття, обробки деталей після нанесення покриття.

15.5.1. Підготовка деталей до нанесення гальванічного покриття

Зчеплення металу покриття з металом деталі обумовлюється їх міжмолекулярною взаємодією. Міжмолекулярні сили значно виявляються тільки в тому випадку, коли відстань між атомами складає більше $5 \cdot 10^{-5}$ мкм. Вони зменшуються пропорційно третьому ступеню

міжкатомної відстані. Очевидно, робочі поверхні, що підлягають відновленню, необхідно обробляти до певної шорсткості, бо метал осаджується і міцно зчеплюється тільки на активному чистому катоді, який вільний від чужорідних частинок, жирових та окисних плівок. Як показує досвід, тільки за таких умов покриття зчеплюється з основним металом так міцно, що не відшаровується від деталі навіть під час її руйнування. Порушення технології підготовки деталей до нанесення гальванічного покриття зменшує показники його зчеплюваності.

Підготовка деталей до нанесення гальванічного покриття включає такі технологічні операції: механічну обробку робочих поверхонь, що підлягають відновленню; очищення робочих поверхонь від чужорідних частинок, жирових забруднень та окислів; попереднє знежирення; монтаж деталей на підвісний пристрій; ізоляцію поверхонь, що не підлягають покриттю; остаточне знежирення деталей з наступним промиванням у воді; травлення (активацію).

Механічна обробка призначена для усунення з робочих поверхонь деталі, які відновлюють, чужорідних частинок і слідів зносу та надання їм потрібної шорсткості.

Очищення і попереднє знежирення робочих поверхонь деталей від жирових забруднень та окислів проводять шляхом промивання органічними розчинниками (бензином, газом, уайт-спіритом та ін.).

Для завішування деталей у ванну з електролітом їх монтують на підвісний пристрій (рис. 15.6). При цьому необхідно забезпечити: надійний електричний контакт із струмопровідною штангою, сприятливі умови для рівномірного розподілу покриття по робочих поверхнях і для видалення водню, що виділяється під час електролізу.

Для захисту поверхонь деталей, що не підлягають відновленню, застосовують: цапонлак в суміші з нітроемаллю у відношенні 1:2 (його наносять в декілька шарів при пошаровому сушінні на повітрі); чохла з поліхлорвінілового пластика товщиною 0,3...0,5 мм; різні футляри, втулки, екрани, виготовлені з неелектропровідних кислотостійких матеріалів (ебоніт, текстоліт, вініпласт та ін.).

Під час остаточного знежирення видаляють жирові забруднення остаточно. Цей технологічний процес базується на тому, що всі жири під дією гарячого лугу руйнуються і створюють мило, тобто деталі омиляються. Мило, як відомо, легко змивається гарячою во-

дою. Мінеральні неомилювані жири, наприклад, масла, під дією лугу утворюють емульсії.

Суцільна масляна плівка розривається. Масло збирається в окремі краплі, що відділяються від поверхні деталей і залишаються в розчині у роздрібному суспендованому стані. Для полегшення емульгування в луговий розчин вводять спеціальні речовини, які називають *емульгаторами*. До них відносять рідке (розчинне) скло, поверхнево-активну речовину та ін.

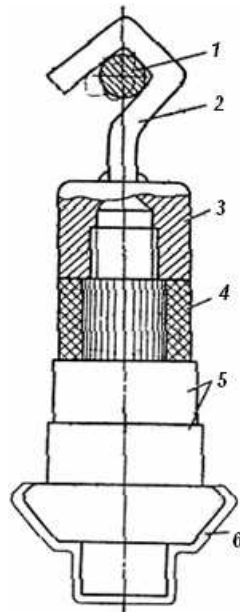


Рис. 15.6 – Підвісний пристрій для гальванічного покриття шийок під підшипники на ведучій шестерні заднього моста:

1 – струмопідвідна штанга; 2 – гачок; 3 – гайка; 4 – ізоляційна втулка; 5 – поверхні відновлення; 6 – захисний чохол.

Знежирення в лугових розчинах проводять хімічним і електрохімічним методами. Під час застосування хімічного методу деталі занурюють в гарячий луговий розчин і витримують в ньому певний час.

Тривалість процесу (5...60 хв.) залежить від температури розчину і ступеня забруднення деталей. Для знежирення сталей і чавуну рекомендується застосовувати розчин, що містить до 50 г/л їдкого натрію, 15...35 г/л тринатрійфосфату і кальцінованої соди і 3...5 г/л рідкого скла або метасилікату натрію. Приблизна луговість розчину (рН) чорних металів дорівнює 12.

До різновиду хімічного знежирювання відносять знежирення віденським вапном. Воно являє собою суміш оксидів кальцію і магнію з додаванням 3% кальцінованої соди та

1...1,5% їдкого натрію. Цю суміш розводять водою до кашоподібного стану, наносять на поверхню і протирають деталь волосяною щіткою. Це трудомістка операція, але вона дає непогані результати, особливо в умовах невеликих підприємств.

Сутність електрохімічного знежирення полягає в тому, що вироби, занурені в луговий розчин, включають до кола електричного струму як катод або анод. На поверхні електродів бурхливо виділяються бульбашки газу (водень на катоді, кисень на аноді). Вони полегшують емульгування жирів і масел, механічно розривають і видаляють їх плівки, прискорюючи тим самим у декілька разів процес. Швидкість цього процесу майже не залежить від концентрації і температури розчину, що знаходиться в межах 60...80 °С. Вона визначається щільністю струму, що складає 3...10 А/дм². Встановлено, що чим більше на поверхні деталі жирових забруднень, тим більшою має бути щільність струму.

Для знежирення чорних металів згідно із ДСТ 9.047–75 рекомендується застосовувати розчин, що містить по 20...40 г/л їдкого натрію, тринатрійфосфату і кальцінованої соди. До нього можна додавати 3...5 г/л рідкого скла або метасилікату натрію.

Електрохімічне знежирення проводять на катоді або аноді. Виявлено, що на катоді при цьому виділяється вдвічі більше газу, ніж на аноді, тобто продуктивність знежирення на катоді вища, ніж на аноді. Але під час знежирення на катоді поверхня деталі наводнюється, тобто водень проникає в середину металу. Внаслідок цього збільшується його крихкість і зменшується втомна міцність. Крім того, порушується зчеплення покриття з поверхнею деталі і навіть може виникнути його відшарування.

Щоб запобігти різним ускладненням, необхідно застосовувати анодне знежирення протягом 3...10 хв. або комбіновану обробку – спочатку знежирювати на катоді протягом 4...5 хв., а потім за допомогою перехідного рубильника перемикаєти деталі на анод і знежирювати протягом 1...2 хв. Як електрод застосовують сталеві пластини. Відстань між електродами складає 20...150 мм.

Після знежирення деталі ретельно промивають спочатку гарячою водою при температурі 70...80°C, а потім холодною водою. Якщо вода рівномірно розтікається і змочує всю поверхню деталі, а не збирається краплями, то якість обробки висока.

За допомогою травлення ліквідують оксидні плівки, виводять дефектний шар з поверхні, яку покривають, виявляють кристалічну структуру і підвищують активність металу.

Його здійснюють хімічним або електрохімічним методами.

Хімічне травлення чорних металів виконують у водному розчині сірчаної або соляної кислоти, або в їх сумішах. Часто застосовують 15...25%-ний розчин сірчаної або 10...20%-ний розчин соляної кислоти. Під час травлення в розчині сірчаної кислоти його нагрівають до 50...60°C. Тривалість процесу складає 30 і більше хвилин. Вона залежить від стану поверхні деталі, концентрації і температури розчину. На ремонтних підприємствах цей метод часто застосовують під час підготовки металовиробів та інших дрібних деталей до цинкування і очищення дроту, яким наплавляють, від іржі.

Щоб прискорити процес і підвищити міцність зчеплення гальванічного покриття, застосовують електрохімічне травлення. Його ще називають активацією і анодною обробкою. Швидкість електрохімічного травлення у порівнянні з хімічним збільшується в декілька разів, а витрати кислоти зменшуються.

Для травлення чорних металів звичайно використовують розчин кислот, частіше сірчаної, і солей відповідних металів. Деталі завішують на анодну або катодну штанги ванни і вмикають як анод або катод в електричне коло.

Найбільш поширеним є анодне травлення за рахунок електрохімічного розчинення металу, хімічного розчинення і механічного відривання оксидів від його поверхні киснем, що виділяється на аноді.

У ремонтному виробництві таке травлення застосовують під час відновлення зношених робочих поверхонь деталей насталуванням і хромуванням. Під час насталування анодне травлення здійснюють в електроліті при температурі 18...25°C. Він містить 365 г/л сірчаної кислоти (30%-вий розчин) і 10...20 г/л сірчаноокислого заліза ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Деталі завішують на анодну штангу. Як катод використовують свинцеві пластини, площа яких в 4...5 разів перевищує площу робочих поверхонь деталей, що відновлюються. Стальні деталі обробляють при анодній щільності струму 50...70 А/дм² протягом 2...3 хв., чавунні – при 18...20 А/дм² протягом 1,5...2 хв.

Через деякий час після початку травлення напруга у ванні підвищується, а сила струму знижується. Це можна пояснити тим, що метал з активного стану переходить в пасивний (відбувається пасивування робочої поверхні), що супроводжується бурхливим виділенням кисню. Бульбашки кисню зривають травильний шлам, а опрацьована поверхня стає

чистою з чітко виявленою кристалічною структурою і специфічним мікрорельєфом.

Якість обробки контролюють візуально, зокрема, якісно протравлені деталі характеризуються своїми світло-сірими матовими робочими поверхнями без блиску, темних плям і слідів травильного шламу.

Деталі, що мають велику масу, складну конфігурацію та виготовлені з високолегованих сталей і, крім того, загартовані до високої поверхневої твердості, під час такого травлення не завжди досягають високої міцності зчеплення. Тому застосовують подвійне травлення: спочатку в розчині хлористого заліза (електроліті насталування), а потім в 30%-ному розчині сірчаної кислоти. Стальні деталі травлять у ванні насталування при анодній щільності струму $40 \dots 80 \text{ А/дм}^2$ протягом $2 \dots 5$ хв. залежно від технічного стану їх робочих поверхонь, а чавунні – при $15 \dots 20 \text{ А/дм}^2$ протягом $1 \dots 2$ хв.

Під час анодного травлення сталевих деталей в електроліті насталування на їх робочих поверхнях не створюється пасивна плівка. У результаті цього досягають більш якісного протравлення робочих поверхонь деталей, ніж під час травлення в розчині сірчаної кислоти. Але після такого травлення на робочих поверхнях залишається темний крихкий шар шламу. Його усувають шляхом анодного травлення в 30%-ному розчині сірчаної кислоти при щільності струму $50 \dots 70 \text{ А/дм}^2$ протягом $0,5 \dots 1$ хв. На робочих поверхнях внаслідок цього утворюється пасивна плівка.

Перед анодним травленням деталі промивають холодною водою для того, щоб позбавитись від хлористого електроліту. Накопичення іонів хлору (активаторів) у сірчаному електроліті порушує процес анодного травлення, перешкоджаючи утворенню пасивної плівки та ліквідації травильного шламу. Потім, знявши напругу зі штанг ванни, знімають і деталь. У противному разі погіршується якість зчеплення покриттів. Те саме можна очікувати, якщо залишити деталі у ванні після процесу.

Перед хромуванням деталі також підлягають анодному травленню в розчині, що містить $100 \dots 150$ г/л хромового ангідриду і $2 \dots 3$ г/л сірчаної кислоти, або

безпосередньо в електроліті для хромування. Деталі із сталі обробляють при анодній щільності струму $25 \dots 40 \text{ А/дм}^2$ протягом $30 \dots 60$ хв. Встановлено, що чим більше деталь містить вуглецю і легованих речовин, тим менше потрібно часу для анодного травлення. Деталі з чавуну обробляють при анодній щільності струму $20 \dots 25 \text{ А/дм}^2$ протягом $5 \dots 10$ хв. Температура електроліту дорівнює $50 \dots 60^\circ\text{C}$.

15.5.2. Насталювання деталей

Насталюванням називають процес отримання твердих зносостійких гальванічних покриттів залізом з гарячих хлористих електролітів. Цей процес розробив проф. М.П. Мелков у 70-х роках ХХ ст.

Насталювання має важливі техніко-економічні показники: вихідні матеріали і аноди дешеві й недефіцитні; високі вихід металу по струму ($85 \dots 95\%$) і продуктивність (зокрема, швидкість осадження заліза складає $0,2 \dots 0,5 \text{ мм/г}$); товщина твердого покриття до 2 мм; можливість у широких межах регулювати властивості покриттів (мікротвердість $1600 \dots 7800 \text{ МПа}$); залежно від їх призначення обумовлює універсальність процесу; досить висока зносостійкість твердих покриттів, які не поступаються за зносостійкістю загартованій сталі; покриття добре хромується, що дозволяє при необхідності підвищувати зносостійкість робочих поверхонь деталі шляхом нанесення більш дешевого, ніж хромування, комбінованого покриття – залізо і хром.

Насталювання використовують під час відновлення малозношених деталей, або при зміцненні робочих поверхонь деталей, що виготовлені з маловуглецевих і середньовуглецевих сталей, що не пройшли у процесі виготовлення термічної обробки.

Залізо в з'єднаннях може бути дво- і тривалентним. Електроосадження відбувається з розчинів двовалентних з'єднань. Двовалентні іони металу, що знаходяться в електроліті, легко окислюються до тривалентних за рахунок кисню, що знаходиться у повітрі. Наявність таких іонів зменшує вихід металу по струму і погіршує властивості покриття.

Електроліти за складом діляться на три групи: хлористі, сірнокислі, сульфатно-хлористі (змішані).

Сірнокислі електроліти у порівнянні з хлористими є менш агресивними і стійкими до окислення, але поступаються в продуктивності, якості покриття та інших показниках. Тому найбільше застосування одержали прості (без добавок) хлористі електроліти.

За температурним режимом електроліти діляться на гарячі й холодні. Гарячі використовують при температурі 60...90°C, що дозволяє здійснювати насталування із значною щільністю струму і високою продуктивністю. Але вони менш придатні в експлуатації – потребують великих витрат енергії на нагрівання і підтримання високої температури, частого їх коригування, потужної вентиляції та ін. Холодні електроліти (електроліз проводять без нагрівання) не мають вищеперерахованих недоліків, але вони менш продуктивні, бо їх використовують при струмі меншої щільності.

Під час насталування як електроліт застосовують водний розчин хлористого заліза ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), що містить незначну кількість соляної кислоти (HCl), та деякі інші компоненти, які вводять для підвищення міцності зчеплення покриття із деталлю (хлористий марганець $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) або для покращання зносостійкості (хлористий нікель $\text{NiCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).

Концентрація хлористого заліза в електроліті може змінюватись в межах 200...700 г/л. Електроліти з низькою концентрацією хлористого заліза (200...220 г/л) забезпечують отримання покриттів незначної товщини (до 0,3...0,4 мм), але з високою твердістю. З електролітів високої концентрації (650...700 г/л) хлористого заліза можна одержати покриття товщиною 1...2 мм, але з меншою твердістю.

Вміст соляної кислоти в електроліті повинен бути в межах 1,2...3 г/л. При незначній її кількості знижується вихід металу по струму, в електроліті створюється гідроокис заліза, який, попадаючи в покриття, погіршує його якість. Підвищення кислотності електроліту не погіршує якості покриття, але знижує вихід металу по струму.

Найбільш раціональним є електроліт середньої концентрації, що містить (400±200) г/л хлористого заліза, (2±0,2) г/л соляної кислоти і (10±2) г/л хлористого марганцю. Цей електроліт забезпечує стабільне покриття із необхідною твердістю і майже не потребує коригування хлористого заліза, має високий вихід металу по струму і сприяє підвищенню міцності зчеплення покриття з деталлю, бо містить хлористий марганець.

Для отримання потрібної міцності зчеплення необхідно, щоб пасивна плівка, яку лік-

відують під час травлення, була зруйнована і перші атоми заліза осаджувались на активну чисту поверхню деталі. Поверхня активується під час виконання переходів: витримка без струму і виведення на заданий режим роботи. Після анодного травлення і промивання деталі завішують на катодну штангу ванни залізнення, де вони знаходяться без струму протягом 10...60 с. Під час видержки температура деталі зрівнюється з температурою електроліту і поверхня частково активується іонами хлору і водню, що знаходяться в електроліті.

Після витримки деталей без струму подають струм щільністю 2...5 А/дм² і проводять електроліз протягом 0,5...1 хв. Потім протягом 5...10 хв. катодну щільність струму поступово збільшують до заданого в операційній карті значення. Незначна його щільність на початку електролізу сприяє кількісній перевазі виділення водню над осадженням заліза.

Катодний струм і водень, що інтенсивно виділяється, закінчують активацію покриття поверхні, яка була почата під час видержки без струму. Низька щільність струму на початку процесу і поступове її підвищення призводять до осадження м'якого підшару заліза з невеликим внутрішнім напруженням. Усі ці фактори сприяють отриманню високої міцності зчеплення покриття з деталями.

Під час вибору режиму завжди користуються аксіомою: чим вища катодна щільність струму, тим більша швидкість осадження металу і продуктивність процесу; чим нижча температура і концентрація електроліту і вища щільність струму (жорсткіший режим), тим більша твердість залізних покриттів і менша їх максимально досягнута товщина; чим вища температура і концентрація електроліту, тим більшу щільність струму можна допустити без втрати якості покриття. Крім того, необхідно видержувати задану кислотність електроліту, бо її зниження значно погіршує зчеплення покриттів.

Насталювання проводять в сталевих ваннах із розчинювальними анодами, які виготовляють, як правило, з маловуглецевої сталі 08 або 10. Відношення між анодною і катодною поверхнями має бути 1...2 тобто $S_a/S_k = 1...2$. Під час нанесення покриття на внутрішній поверхні це відношення практично неможливо витримати.

Оптимальне значення діаметра анода для внутрішніх поверхонь складає 1/3...2/3 діаметра отвору. З метою зменшення забруднення електроліту анодним шламом аноди розміщують в чохлах з кислотостійких тканин (склотканина, хутро та ін.). Аноди розміщують з обох боків деталей. Відстань між деталями і анодами завжди повинна бути однаковою і до-

рівнювати 60...150 мм. Довжина анода має бути такою, як і довжина відновленої деталі.

Відстань між деталями складає 70...150 мм. Їх верхні кінці необхідно розміщувати нижче рівня електроліту на 80...100 мм, а нижні – на відстані не менше 150...200 мм від дна ванни.

15.5.3. Хромування деталей

Хромуванням називають процес отримання твердих зносостійких гальванічних покриттів хромом з водного розчину хромового ангідрида і сірчаної кислоти.

Шляхом хромування одержують дрібнозернисте покриття мікротвердістю 4000...12000 МПа із низьким коефіцієнтом тертя і високим зчепленням. Хром хімічно стійкий проти впливу багатьох кислот і лугів, жаростійкий, що забезпечує деталям високу зносостійкість навіть у дуже важких умовах експлуатації, що перевищує в 2...5 разів зносостійкість загартованої сталі. Найбільшою є зносостійкість покриття при твердості 7000...9200 МПа.

Однак хромування – енергомісткий, дорогий і малопродуктивний процес. Його використовують для наступних цілей:

- збільшення зносостійкості і строку експлуатації спряжених робочих (тертьових) поверхонь деталей машин, прес-форм, штампів, вимірювальних і різальних інструментів;
- відновлення малозношених відповідальних деталей складальних одиниць машин;
- захисно-декоративного хромування обладнання машин;
- підвищення відбивної здатності під час виготовлення дзеркал, відбивачів, рефлекторів.

Хромування має наступні особливості:

1. Головним компонентом електроліту є хромовий ангідрид (CrO_3), що утворює під час розчинення у воді хромову кислоту ($\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CrO}_4$). Головним компонентом інших процесів є сіль осадженого металу. Хром осаджується тільки при наявності в електроліті певної кількості сторонніх іонів, перш за все сульфатів (SO_4^{2-}). В електролітах хром шестивалентний. Механізм його осадження дуже складний і ще недостатньо вивчений.

2. Під час хромування велика частина струму витрачається на побічні процеси, в тому числі на розкладення води і бурхливе виділення водню, внаслідок чого вихід хрому по струму одержують малим (10...40%). Із збільшенням концентрації і температури електроліту вихід по струму зменшується, тоді як під час осадження інших металів, навпаки, збільшується.

3. Застосовують нерозчинні аноди, які виготовляються з свинцю або його сплаву з 6% сурми. При використанні нерозчинних анодів електроліт постійно збіднюється, тому його періодично контролюють і коригують, додаючи хромовий ангідрид. Хромовий ангідрид розчиняється під час електролізу з анодним виходом по струму, який в 7...8 разів перевищує вихід по струму на катоді. Внаслідок цього концентрація іонів хрому в електроліті безперервно зростає.

Для хромування застосовують прості сульфатні електроліти № 1, 2, 3, які складаються з хромового ангідриду, сірчаної кислоти і води (табл. 15.1).

Таблиця 15.1 – Склад електролітів і режим хромування

	Номер складу електроліту				
	1	2	3	4	5
Хромовий ангідрид, г/л	120...150	200...250	300...350	225...300	380...420
Сірчана кислота, г/л	1,2...1,5	2...2,5	3...3,5	—	—
Сірнокислий стронцій, г/л	—	—	—	5,5...6,5	—
Кремнефтористий калій, г/л	—	—	—	18...20	—
Вуглекислий кальцій, г/л	—	—	—	—	40...60
Сірчаноокислий кобальт, г/л	—	—	—	—	18...20
Температура електроліту, °С	50...65	45...60	40...50	50...65	18...25
Щільність струму, А/дм ²	30...100	20...60	15...30	40...100	100...300
Вихід по струму, %	15...18	12...14	12...18	18...20	35...40

На технологічний процес хромування великий вплив справляє відношення між концентраціями хромового ангідриду CrO_3 і сірчаної кислоти H_2SO_4 . Для осадження покриттів високої якості з найбільшим виходом по струму необхідно, щоб це відношення дорівнювало 100 (допускається зміна його в межах 90...120). З цією ж метою в електроліт додають 1...2 % від кількості хромового ангідриду іонів тривалентного хрому. Тривалентний хром одержують шляхом опрацювання електроліту струмом щільністю 4...6 А/дм². Під час опрацювання електроліту на кожний його літр пропускають 3...4 А·год. електрики.

Малоконцентрований (розведений) електроліт №1 (табл. 15.1) визначається кращою розсіювальною здатністю і більш високим виходом по струму. Покриття, одержані в ньому, мають найбільшу твердість і зносостійкість. Але його треба часто коригувати шляхом додавання хромового ангідриду. Цей електроліт застосовують для відновлення зношених робочих поверхонь шляхом нанесення зносостійкого покриття.

Концентрований електроліт №3 відзначається низьким виходом по струму і поганою розсіювальною здатністю. Разом з тим він має велику стабільність по концентрації хромового ангідриду, відношення хромового ангідриду і сірчаної кислоти не потребує високої напруги в системі живлення ванни. У цьому електроліті осаджуються міцні й менш напружені покриття. Як правило, його застосовують під час захисно-декоративного хромування деталей складної конфігурації.

Електроліт №2 дозволяє одержати як тверді зносостійкі покриття, так і покриття з непоганими захисно-декоративними властивостями. Його називають універсальним, або стандартним.

В електроліті №4 відношення хромового ангідриду і сульфат-іонів (SO_4^{2-}) підтримують на заданому рівні автоматично за рахунок введення сірчаного стронцію (SrSO_4) і кремнефтористого калію (K_2SiF_6), що мають обмежену розчинність. Його називають саморегулюючим. Солі, введені в електроліт в кількостях, що перевищують свою розчинність, будуть знаходитись в незначному надлишку на дні ванни у вигляді твердої фази. Кількість іонів SO_4^{2-} в розчині під час зміни концентрації хромового ангідриду буде постійною за рахунок часткового розчинення цього надлишку.

До переваг такого електроліту у порівнянні із сульфатними відносять: стабільність складу, що зменшує частоту його коригування; коливання температури електроліту і щіль-

ності струму менше позначається на зовнішньому вигляді покриттів і на виході по струму; висока розсіювальна здатність і більш значні властивості покриттів; великий вихід по струму (18...20%) дозволяє в 1,3...1,5 разу збільшити продуктивність хромування.

Однак саморегулюючий електроліт більш складний за складом, чутливий до хлоридів і дуже агресивний, тому він не дістав широкого застосування.

Саморегулюючий холодний електроліт №5 має високий вихід по струму і швидкість осадження хрому (0,18...0,5 мм/год.), що в 10 разів перевищує швидкість осадження із звичайних електролітів при високій якості покриття. Однак для підтримання температури 18...25 °С при щільності струму до 300 А/дм² потрібно мати потужний холодильний агрегат, тому широкого застосування він не отримав.

Згідно з технологічним процесом знежирені деталі завішують у ванну, витримують 0,5...1,5 хв. і виконують анодне травлення за режимом, що нам уже відомий. У тих випадках, коли для покращання рівномірності покриття рельєфних і чавунних деталей рекомендується на початку електролізу давати "поштовх" струмові (при цьому струм в 1,2...2 рази перевищує розрахункове значення), через 1...2 хв. його поступово знижують до заданого значення. Завдяки цьому вдається досягти осадження хрому на заглиблених ділянках деталі.

В універсальному електроліті залежно від призначення покриттів рекомендуються відповідно такі температури електроліту і щільність струму: для захисно-декоративного блискучого хромування – 50°С та 15...25 А/дм², для підвищення зносостійкості і відновлення малозношених робочих поверхонь деталей – 55°С та 50...60 А/дм², під час хромування зношених робочих поверхонь деталей із значною товщиною покриття – близько 67°С та 100 А/дм².

При хромуванні катодом, як завжди при гальванічному процесі, присутня є деталь. На катоді відбувається відновлення шестивалентного хрому (CrO₃) до тривалентного (Cr₂O₃), відкладення металевого хрому виділення водню. На аноді при цьому протікають окислювальні процеси: окислення тривалентного хрому до шестивалентного і виділення кисню. Для нормальної роботи електроліту в його складі повинні бути іони тривалентного хрому в кількості, що визначається відношенням Cr₂O₃/CrO₃ = 0,015...0,02. Для того, щоб кількість тривалентного хрому в електроліті залишалась незмінною, треба, щоб площа анодів

була в 1,5...2 рази більша за площу катодів.

З метою підвищення зносостійкості робочих поверхонь деталей, які працюють в дуже складних умовах, для покращання режиму змащення застосовують пористе покриття хромом. Спосіб одержання пористого покриття хромом заснований на властивості хромових електролітів при визначених режимах хромування давати на поверхні покриття сітку мікроскопічних тріщин. Ці тріщини дуже малі, тому і здатність їх затримувати мастило незначна. Розміри тріщин і, відповідно, їх мастиломісткість збільшують шляхом анодного травлення хромових покриттів в електроліті для хромування. Під час анодного травлення відбувається розчинення хрому. Особливо інтенсивно цей процес проходить по тріщинах, які внаслідок цього розширюються і заглиблюються. Таким чином одержують робочу поверхню, що прорізана сіткою каналів.

Залежно від режиму хромування і анодного травлення можна одержати каналчасту і точкову пористість. Для утворення пористих покриттів робочу поверхню деталі хромують в універсальному електроліті при щільності струму $400...560 \text{ A/дм}^2$, а потім, змінюючи полярність живлення ванни, проводять анодне травлення при тій же щільності струму. Канальчасту пористість одержують при температурі електроліту $58...62^\circ\text{C}$ і тривалості травлення 6...9 хв., а точкову – $50...52^\circ\text{C}$ і тривалості 10...12 хв. Для анодного травлення встановлюють припуск 0,01...0,02 мм на діаметр.

Канальчасту пористість застосовують при відновленні робочих поверхонь деталей, які працюють в умовах обмеженого змащення, а точкову пористість – під час відновлення робочих поверхонь деталей, до яких ставлять вимоги щодо високого приробітку.

15.5.4. Нікелювання деталей

Нікелювання як спосіб усунення дефекту, що пов'язаний із зміною геометричних форм та розмірів робочих поверхонь деталей, у багатьох випадках може з успіхом замінити хромування, особливо при відновленні деталей, які працюють в умовах корозійно небезпечного середовища. У ремонтному виробництві для цих цілей застосовують два способи нікелювання: електролітичний і хімічний.

Електролітичне нікелювання – це процес отримання твердих зносостійких нікель-

фосфатних покриттів з водного розчину сірчаноокислого та хлористого нікелю і фосфорної кислоти.

Нікель-фосфорне покриття – це дрібнозернисте покриття мікротвердістю 3500...7200 МПа із низьким коефіцієнтом тертя і високим зчепленням. Містить 2...3% фосфору. Його одержують у ваннах з розчинними нікелевими анодами, де протікає режим електролізу з такими вихідними даними: щільність струму 5...40 А/дм², температура електролізу 75...95°C.

Процес зносостійкого електролітичного нікелювання має перед хромуванням такі переваги: високий вихід металу по струму, що складає 90...95%; значно менша витрата електроенергії; більш висока швидкість нанесення покриття, що складає 0,24 мм/год.

Недоліком електролітичного нікелювання є те, що його зносостійкість хоч достатньо висока, але все таки поступається зносостійкості електролітичного хрому.

Для підвищення твердості й зносостійкості електролітичного нікелювання до рівня електролітичного хромування нікель-фосфатне покриття піддають термічній обробці, нагріваючи до 400°C і витримуючи при цій температурі протягом години. Після такої обробки деталі з нікель-фосфатним покриттям застосовують замість деталей з хромовим покриттям.

Хімічне покриття – це процес отримання контактним способом без витрат електроенергії твердих зносостійких нікель-фосфатних покриттів з водного розчину сірчаноокислого нікелю та оцетокислого гіпофосфату натрію. Таке нікель-фосфатне покриття містить 3...10% фосфору, має мікротвердість 3500...4000 МПа. Його одержують шляхом розміщення деталі в емальованій сталевій ванні в розчині солей при температурі 90...96°C. Швидкість нанесення покриття становить 0,022...0,024 мм/год. Розчин солей використовують один раз і після нанесення покриття його замінюють новим. З одного розчину одержують покриття товщиною 25...30 мкм. При необхідності одержати покриття більшої товщини деталі занурюють у свіжий розчин.

Твердість і зносостійкість покриття збільшують до 8000...8500 МПа шляхом термічної обробки, нагріваючи деталь до температури 400°C і витримуючи при цій температурі протягом 1...1,5 год.

Хімічне нікелювання застосовують для відновлення деталей з невеликим зносом робочих поверхонь.

15.5.5. Обробка деталей після нанесення покриття

Після нанесення на робочі поверхні деталей покриття їх промивають водою і піддають нейтралізації в лугових розчинах для вилучення залишків електроліту і попередження корозії. Особливо ретельно обробляють деталі, що відновлялись у хлористих електролітах, бо іони хлору, які залишаються, викликають інтенсивну корозію у вологому середовищі. З цією метою їх промивають і нейтралізують в 10%-му розчині лугу при температурі 60...80°C протягом 5...10 хв. Після хромування деталі нейтралізують в розчині кальцинованої соди (20...70 г/л) при температурі 15...30°C протягом 15...30 с.

З метою підвищення корозійної стійкості покриттів їх пасивують шляхом обробки в розчинах хромової кислоти або її солей. Після обробки на поверхнях деталей утворюється хроматна плівка.

Перед пасивуванням покриття просвітлюють в розчині азотної кислоти (20...30 г/л) протягом 6...18 с. Потім їх пасивують в розчині, що містить 150...20 г/л двохромокислого натрію (або калію) і 8...12 г/л сірчаної кислоти протягом 6...18 с. Одночасно їх можна просвітлювати і пасивувати в розчині, що складається з 80...110 г/л хромового ангідриду та 3...5 г/л сірчаної кислоти, протягом 3...6 с. Температура розчинів дорівнює 15...30°C.

Для покращання властивостей покриття робочих поверхонь деталей і для їх сушіння застосовують термічну обробку. Деталі сушать в сушильній шафі при температурі 120...130°C протягом 5...10 хв. У деяких випадках для зняття внутрішніх напружень у хромових покриттях деталі проходять термічну обробку в масляних ваннах при температурі 180...200°C протягом 1...2 год.

Оскільки під час електролізу виділяється водень, який, укорінюючись в покриття, збільшує крихкість і знижує втомну міцність деталі, то відповідальні деталі, відновлені хромуванням, зневоджують, нагріваючи при температурі 180...230°C протягом 2...3 год. Залізофосфорні й нікельфосфорні покриття підлягають термічній обробці при температурі 400°C протягом 1...1,5 год. для підвищення твердості й зносостійкості.

Під час механічної обробки м'які покриття обробляють на токарному верстаті, а тверді шліфують або хонінгують. Найкращих результатів під час обробки на токарному верстаті

залізних покриттів досягають за рахунок застосування надтвердого інструментального матеріалу гексаніту – Р.

Деталі, що відновлювались насталуванням і хромуванням, рекомендується шліфувати електрокорундовими кругами на керамічному зв'язуванні зернистістю 25...40 середньою ягкою твердostí.

15.5.6. Захисно-декоративні покриття

Гальванічні покриття знаходять широке застосування в ремонтному виробництві транспортних засобів для захисту деталей від корозії і надання їм естетичного зовнішнього вигляду. За захисною дією гальванічні покриття поділяють на анодні й катодні.

Відомо, що під час з'єднання двох металів при наявності корозійного середовища створюється пара, де більш електровід'ємний метал стає анодом і розчиняється, а менш електровід'ємний – катодом. При анодному захисті менш електровід'ємний метал (наприклад, залізо) покривається більш електровід'ємним (наприклад, цинком). У цих умовах цинк підлягає корозії, захищаючи тим самим від окислення залізо.

Під час катодного захисту на більш електровід'ємний метал наносять менш електровід'ємний. Захисна дія катодних покриттів полягає в ізоляції деталей від дії корозійного середовища. Механічне пошкодження таких покриттів, як правило, призводить до збільшення корозійного пошкодження деталі. Для сталевих деталей катодним покриттям є нікелювання, хромування, міднення.

У ремонтному виробництві транспортних засобів найбільше застосування знайшло багатошарове катодне захисно-декоративне покриття. Найбільшу стійкість мають чотиришарові покриття, які одержують послідовним нанесенням шарів нікелю, міді, нікелю і хрому. Перший шар нікелю товщиною не більше 5 мкм забезпечує високу міцність зчеплення покриття з деталлю. Шар міді товщиною до 30 мкм має незначну пористість і дає надійний захист від проникнення корозійного середовища. Другий шар нікелю (20 мкм) надає покриттю гарного зовнішнього вигляду, а дуже тонкий (1...2 мкм) напівпрозорий шар хрому захищає його від механічного пошкодження.

Технологічний процес нанесення захисно-декоративних покриттів не відрізняється від

технологічного процесу нанесення зносостійких покриттів. Однак в технологічні процеси підготовки деталі до нанесення покриття і обробки її після покриття включають полірування, яке виконують за допомогою повстяних кругів, на поверхню яких наносять полірувальні пасти.

Для захисту сталевих деталей від корозійних пошкоджень в деяких випадках застосовують їх хімічну обробку – оксидування і фосфатування.

Електролітичне міднення застосовують як підшар під час нанесення захисно-декоративного покриття нікелем і хромом, а також для захисту поверхонь деталі від цементації.

Для міднення використовують простий і недорогий сірчаноокислий електроліт, до складу якого входять водний розчин мідного купоросу (200...250 г/л) і сірчана кислота (50...75 г/л). Наносять покриття при щільності струму 1...3 А/дм² і температурі електроліту 18...20°C, використовуючи розчинні мідні аноди.

Електролітичне нікелювання застосовують як підшар при нанесенні захисно-декоративного покриття хромом. Електролітом при цьому є водний розчин сірчаноокислого нікелю, до якого додають сірчаноокислий натрій для збільшення електропровідності, сірчаноокислий магній для отримання більш світлих покриттів і хлористий натрій або калій для підвищення розчинності нікелевих анодів. Технологічний процес виконують при щільності струму 0,5...1 А/дм² і температурі електроліту 18...20°C.

Цинкування в ремонтному виробництві транспортних засобів застосовують перш за все для захисту від корозії дрібних кріпильних деталей. Найбільш поширеними при цинкуванні електролітами є сірчаноокислі, до складу яких входять сірчаноокислий цинк (200...250 г/л), сірчаноокислий амоній (20...30 г/л), сірчаноокислий натрій (50...100 г/л) і декстрин (8...12 г/л). Наносять покриття у спеціальних барабанах або дзвонах, що обертаються, при щільності струму 3...5 А/дм² і температурі електроліту 18...20°C.

Оксидування сталевих деталей виконують шляхом їх обробки в гарячих лугових розчинах, що містять окислювачі. При цьому на поверхнях деталей утворюється окисна плівка товщиною 0,6...1,5 мкм, що має високу міцність і надійно захищає метал від корозії. Оксидування виконують у розчині, що містить 700...800 г/л їдкового натрію з додаванням як окислювача 200...250 г/л азотноокислого натрію і 50...70 г/л азотистоокислого натрію, при темпе-

ратурі розчину 140...145°C з витримкою 40...50 хв. Після закінчення оксидування деталі промивають у воді і просочують у машинному мастилі при температурі 110...115°C, щоб закрити пори окисної плівки.

Фосфатування сталевих деталей виконують шляхом їх обробки в 30...35%-вому водному розчині препарату “Мажеф” при температурі 95...98°C протягом 30...50 хв. До складу препарату “Мажеф” входять складні солі фосфору, марганцю і заліза.

Після обробки на поверхні деталі залишається захисна плівка товщиною 8...40 мкм, що має пористість, незначну твердість і добре приробляється.

Фосфатне покриття застосовують як ґрунт під час нанесення лакофарбового покриття кузова транспортних засобів, а також для покращання умов прироблення деталей.

15.6.Способи нанесення гальванічних покриттів

У ремонтному виробництві транспортних засобів застосовують ванні й безванні способи нанесення гальванічних покриттів.

15.6.1. Характеристика ванних способів

Ванні способи нанесення гальванічних покриттів застосовують у стаціонарних ваннах, дзвонах і барабанах та дзвонових і барабанних ваннах.

Стаціонарна ванна являє собою ємність прямокутної форми, яка обладнана: нагрівальним пристроєм (при необхідності); бортовим вентилятором для очищення від шкідливих випарів; катодною і анодною штангами для завішування деталей та анодних пластин; джерелом струму, який подають до штанг.

Внутрішню поверхню ванни футерують кислотостійкими матеріалами.

Дрібні деталі, наприклад, металовироби відновлюють у гальванічних дзвонових або барабанних ваннах, які бувають зануреного і незануреного типів. Ванни незануреного типу називають гальванічними дзвонами або барабанами.

На *рис 15.7* зображений гальванічний дзвін, де корпус 1 має форму зрізаного круглого або гранованого конуса. Він обертається навколо осі з частотою 8...15 хв⁻¹ за допомогою електродвигуна 4 через черв'ячний редуктор. Струм до деталей (катода), що знаходяться в

корпусі, подається за допомогою металевих щіток або шляхом опускання в цей корпус стержня 2. Він контактує з деталями. Анод являє собою пластину 6, яку опускають в корпус на переносному штативі. Технологічний процес відновлення в гальванічному дзвоні або барабані починають з того, що корпус за допомогою зубчастого сегмента 3 і керма 5 встановлюють у певне положення, потім дрібні деталі завантажують у корпус, який заповнюють електролітом. Після цього в корпусі розміщують анод і включають механізм, що обертає його разом з джерелом живлення.

Під час обертання корпусу деталі пересипаються, контактуючи з катодом і між собою. На жаль, деякі деталі тимчасово можуть бути непідвладними струму, тобто знаходитись не під струмом.

Після закінчення технологічного процесу електролізу за допомогою керма корпус нахилиють над баком із сіткою. Деталі попадають в сітку, а електроліт стікає в бак, звідти його знову заливають в корпус.

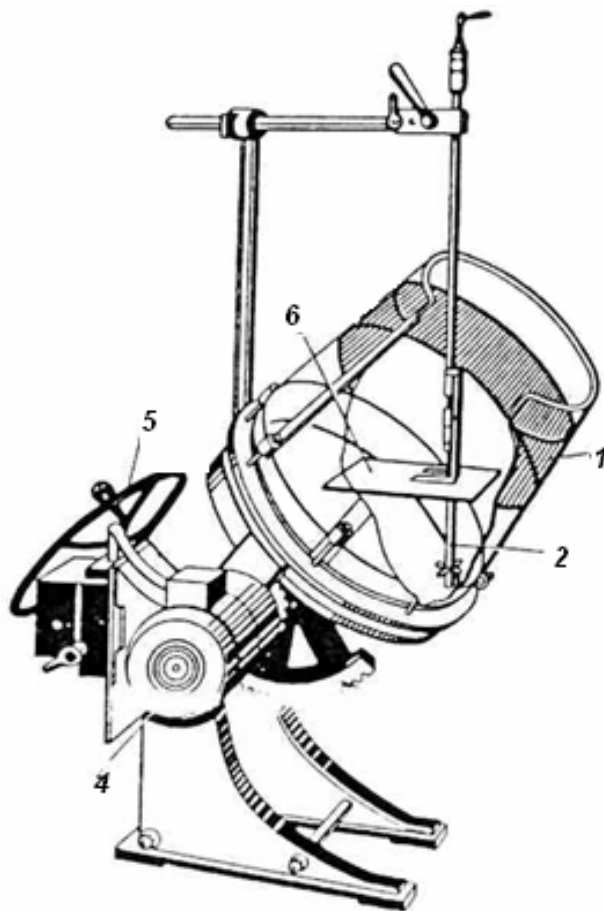


Рис. 15.7 – Гальванічний дзвін:

1 – корпус; 2 – стержень для підведення струму; 3 – зубчастий сегмент;
4 – електродвигун; 5 – кермо; 6 – анодна пластина

Дзвонові й барабанні ванни незануреного типу, тобто гальванічні дзвони і барабани мають ряд недоліків: у них швидко нагрівається електроліт, вони мають незначну продуктивність і великі втрати електроліту.

Дзвони й барабанні ванни зануреного типу не мають таких недоліків. Як показано на *рис. 15.8*, дзвін 1 або барабан обертається в місткості 3 з електролітом. Він надходить до деталей через отвори в стінках. Анодні пластини підвішують на штангах 5 з обох боків дзвону. Деталі вивантажують з дзвону шляхом підняття його з місткості. При цьому електроліт виливається в ємність, а деталі по жолобу 2 висипаються на сітку 4, що встановлена поруч.

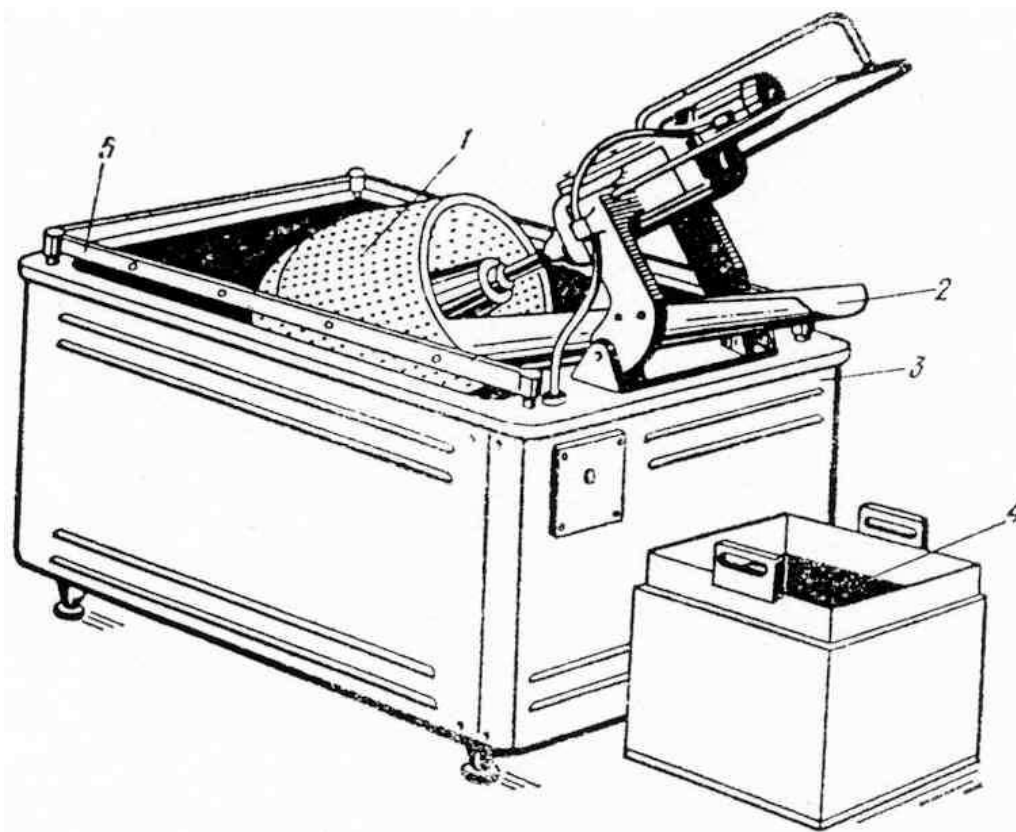


Рис. 15.8 – Дзвонова ванна:

1 – дзвін; 2 – жолоб; 3 – місткість; 4 – сітка; 5 – анодна штанга

15.6.2. Характеристика безванних способів

Під час відновлення великогабаритних деталей площа відновлення їх робочих поверхонь набагато менша, ніж площа всієї деталі. Тому відновлення робочих поверхонь великогабаритних деталей виконують безванними способами: проточним, струминним, електроконтактним та ін.

Принцип застосування безванних способів полягає в тому, що на поверхні, яка підлягає відновленню, за допомогою нескладних пристроїв створюють місцеву електролітичну мікрованну, куди подають електроліт, а деталь і анод підключають до джерела струму.

Під час застосування проточного способу електроліт за допомогою насоса прокачують з певною швидкістю через простір між поверхнею, що відновлюється, і анодом. Як анод застосовують стержень 3 (рис. 15.9). Найбільшу швидкість осадження металу досягають при турбулентному режимі витікання електроліту, тоді швидкість його буде більше 1 м/с. Щільність струму при цьому способі у порівнянні з іншими способами збільшують в 5...10 разів, наприклад, під час настлювання вона досягає 200...300 А/дм².

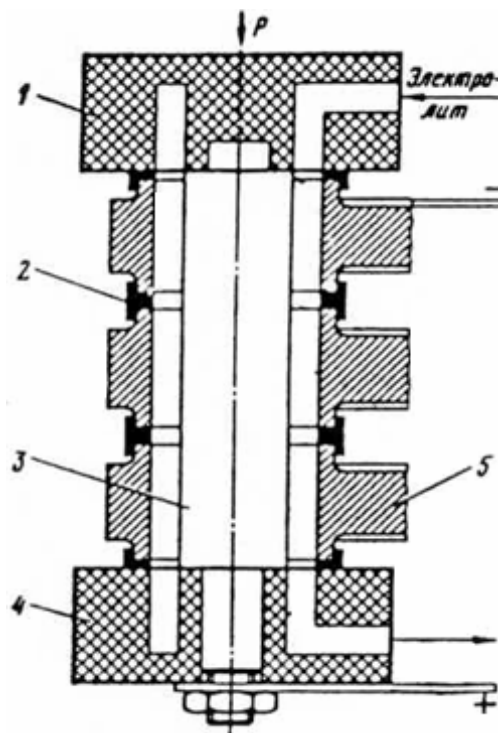


Рис. 15.9 – Відновлення отворів у нижній головці шатунів безванним проточним способом:

1 – верхня плита; 2 – ущільнювальна прокладка; 3 – анодний стержень;
4 – нижня плита; 5 – шатуни

Проточний спосіб відновлення не тільки розширює номенклатуру деталей, що відновлюються, але й підвищує продуктивність технологічного процесу і покращує якість покриття. Продуктивність процесу зростає в 10...15 раз за рахунок зниження поляризації електродів і можливості застосування більш високої щільності струму. Цей спосіб застосовують для відновлення посадочних поверхонь корпусних деталей, наприклад, шатунів, блоків циліндрів компресорів.

Під час відновлення деталей струминним способом відбувається збіднення прикатодного шару електроліту. За рахунок цього створюються умови, що сприяють підвищенню в 2...3 рази продуктивності процесу і забезпеченню більш високої якості і рівномірності покриття. Тому його застосовують для відновлення великих валів, осей колісних пар та ін.

При застосуванні цього способу, як показано на *рис. 15.10, а*, електроліт подають струменями в міжелектродний простір через отвори насадки 3. Ця ж насадка одночасно є анодом і місцевою мікрованною. Для одержання рівномірного покриття деталі 4 її обертають із частотою до 20 хв^{-1} .

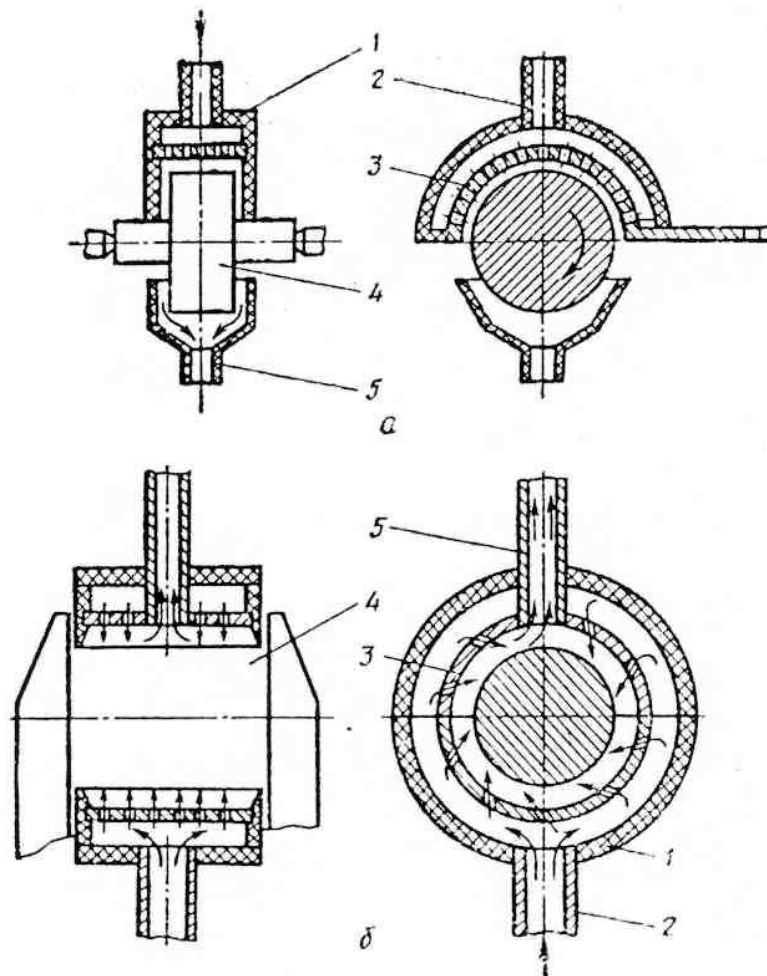


Рис. 15.10 – Схема відновлення деталей безванним струминним способом:

1 – корпус; 2 – підхідний штуцер; 3 – анод;
4 – деталь; 5 – зливальний штуцер

Такого ж результату досягають і тоді, коли деталь не рухається. Але в цьому випадку отвори в насадці 3 (*рис. 15.10, б*), через які надходить до деталі електроліт, виконують під кутом $30...40^\circ$ до радіального напрямку.

Електроконтактний спосіб (його ще називають електролітичним натиранням) засто-

совують для відновлення циліндричних робочих поверхонь деталей, що мають невеликий знос. Фізична сутність цього способу полягає в тому, що електроосадження металу відбувається при проходженні постійного струму через мініванну. Як показано на *рис. 15.11*, вона утворюється в зоні контакту анода 2 з відновлюваною деталлю 3, що є катодом. Деталь і анод переміщуються один відносно одного, тобто відбувається тертя анода по деталі. Анодом є графітний стержень, який обмотують відсорбованим матеріалом (сукно, скляне волокно, бавовняна тканина). Обмотку називають анодним тампоном. Він безперервно змочується електролітом, що надходить до нього через шланг з баку 1.

Відновлювану деталь встановлюють в патроні токарного верстата або в іншому пристрої, що забезпечує обертання із швидкістю 10...20 м/хв.

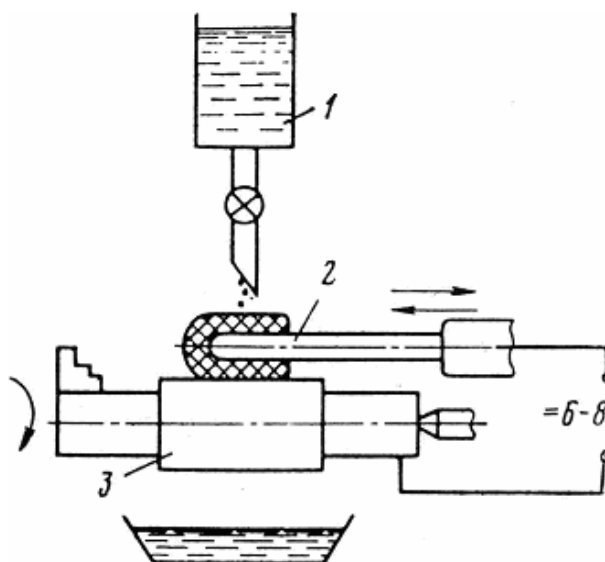


Рис. 15.11 – Схема пристрою для відновлення деталей електроконтактним способом з використанням анодного тампона

До недоліків цього способу відносяться: перегрів і випаровування електроліту в анодному тампоні, швидкий знос тампона, що знижує продуктивність процесу і якість покриття.

Для усунення перерахованих недоліків в аналогічних пристроях замість ковзання анодного тампона застосовують кочення стрічкового тампона по деталях (*рис. 15.12*).

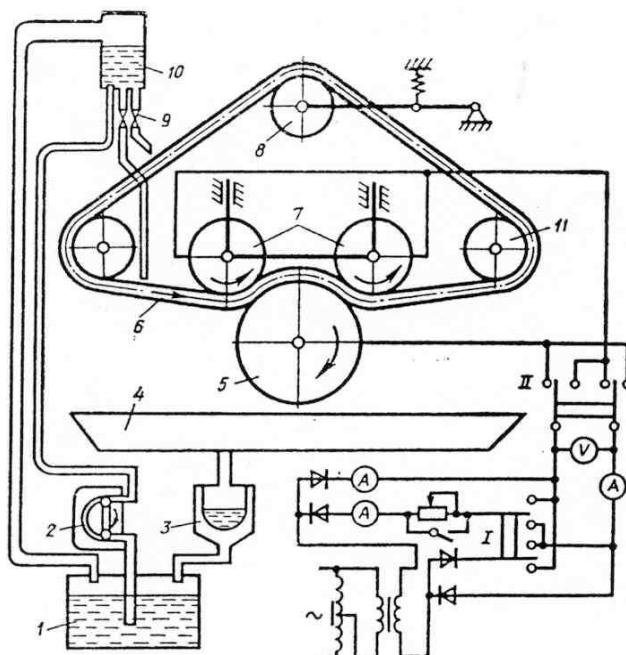


Рис. 15.12 – Схема пристрою для відновлення деталей електроконтактним способом з використанням стрічкового тампона:

1 – бак з електролітом; 2 – насос; 3 – фільтр; 4 – піддон; 5 – катод-деталь; 6 – стрічковий тампон; 7 – анод; 8 – натяжний ролик; 9 – кран; 10 – розподільний стакан; 11 – напрямний ролик

Пристрій із стрічковим тампоном за рахунок великої площі контакту з деталлю сприяє збільшенню допустимої щільності струму і продуктивності процесу. Крім того, він покращує рівномірність розподілу струму по колу деталі. Тому запропоновано режим електролізу характеризувати середньою щільністю струму, що являє собою відношення сили струму, який проходить по всій площі відновлюваної робочій поверхні деталі, до площі контакту.

Залежно від застосованого електроліту можна наносити покриття з хрому, заліза, цинку, міді та інших металів.

Фахівці розробили стійкий до окислення склад електроліту, який використовують під час насталування із сірчаноокислого (250...300 г/л) і хлористого (130...150 г/л) заліза. Режим процесу: рН 0,9...1,2; середня катодна щільність струму 20...60 А/дм²; швидкість обертання катода 20...40 м/хв.; витрати електроліту 0,3...0,6 л/хв.; кут обхвату деталі тампоном 90...120°С. Швидкість осадження складає 3,3...12,3 мкм/хв., твердість 5500...7000 МПа. Покриття осаджується гладко і рівномірно.

Під час використання електролітичного способу відновлення деталей за рахунок постійного відновлення електроліту і переміщення анода підвищується продуктивність процесу

і властивості покриття, зменшується їх шорсткість і дендритоутворення, покращується рівномірність, у багатьох випадках можна позбутись механічної обробки, немає необхідності ізолювати поверхні, що не підлягають відновленню. Але на відміну від ванних способів, коли одночасно відновлюються десятки деталей, електроконтактний спосіб потребує індивідуального підходу. Тому його застосовують насамперед для відновлення і зміцнення посадочних поверхонь великих валів, осей і корпусних деталей.

15.7. Автоматизація технологічного процесу нанесення гальванічних покриттів

На передових ремонтних підприємствах застосовують багатопроектні автоматичні лінії нанесення гальванічних покриттів на відновлювані деталі.

На конвеєрній автоматичній лінії відповідно до технологічного процесу розміщують ванни для підготовки деталей до покриття, нанесення покриття і обробки деталей після покриття.

Переміщення деталей з однієї ванни до іншої виконують за допомогою електротельферного оператора. При цьому він робить два рухи – горизонтальний уздовж лінії ванн і вертикальний для вивантаження підвісок з деталями із ванн і завантаження їх до інших ванн. На автоматичній лінії залежно від завантаженості їх роботою можна мати декілька автооператорів, кожен з яких обслуговує певну зону автоматичної лінії. Керування роботою автооператорів виконує комп'ютер за певною програмою.

Для підтримки на визначеному рівні щільності струму і температури електроліту всі ванни мають бути обладнані автоматичними регуляторами.

15.7.1. Автоматичне регулювання щільності струму

Щільність струму є одним з основних параметрів, що характеризує технологічний процес відновлення гальванічним покриттям, бо від неї залежить якість покриття. Щоб одержати покриття з певними властивостями, необхідно підтримувати щільність струму з

точністю $\pm 5\%$ від величини, що встановлена технологічним процесом.

Величина струму залежить від кількості деталей, що знаходяться у ванні. Під час завантаження деталей у ванну оператор, знаючи щільність струму і площу покриття в одному завантаженні, за допомогою розрахунку визначає величину струму в електричному колі ванни і, встановивши її за амперметром, стежить щоб вона не змінювалась протягом розрахованого часу. Цю роботу можна доручити автоматичному регулятору.

На рис. 15.13 наведена принципова схема автоматичного регулятора щільності струму. Він складається з регулятора напруги 3 з механізмом приводу від реверсивного електродвигуна 5, силового трансформатора 6, випрямляча 7 і поляризованого реле 8.

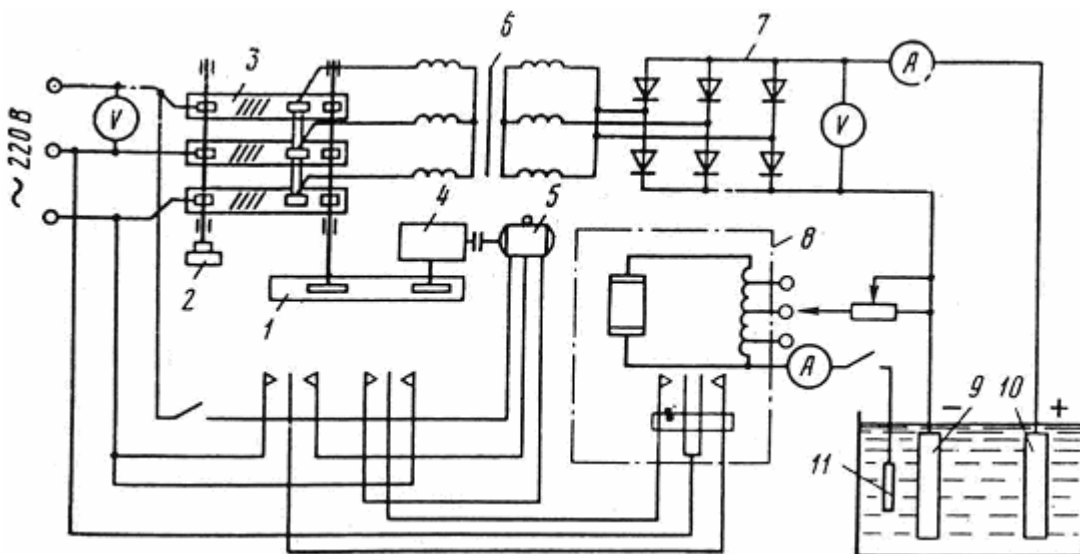


Рис. 15.13 – Принципова схема автоматичного регулятора щільності струму

Регулятор напруги 3 підключають до трансформатора 6 і через нього до випрямляча 7. Регулятор напруги дозволяє змінювати величину струму, що надходить від випрямляча до ванн. Напругу регулюють ручним способом за допомогою регульовального гвинта 2 або, використовуючи механічний привід, за допомогою рейки редуктора 4 і реверсивного електродвигуна 5.

Деталь-катод 9 і анод 10 підключають до кола низької напруги випрямляча. Поряд з деталями у ванну завішують датчик 11. Він являє собою пластину площею 1 дм^2 . Його підключають як катод в коло поляризованого реле 8, амперметр якого показує струм, що проходить через датчик.

Під час зміни певної щільності струму в колі ванни відбувається також зміна струму і в

колі датчика. Ця зміна струму спричиняє включення в роботу поляризованого реле, внаслідок чого замикаються його контакти, що призводить до включення реверсивного електродвигуна 5. Електродвигун через редуктор 4 і рейку 1 перемістить повзунок регулятора напруги, що приведе до відновлення заданої щільності струму. Регулятор забезпечує підтримку щільності струму у ванні з відхиленням від заданої в межах $\pm 2\%$, що допускається нормативно-технологічними документами.

15.7.2. Автоматичне регулювання температури електроліту

Для підтримки заданої температури електроліту у ванні застосовують автоматичні регулятори температури. Згідно із нормативно-технологічними документами відхилення температури електроліту від заданої величини в більшості гальванічних процесів не повинна перевищувати $\pm 2\%$.

На *рис. 15.14* наведена принципова схема автоматичного регулятора температури (терморегулятора) для гальванічних ванн з паровим підігріванням (підігрівом). У цій схемі автоматичне регулювання температури електроліту досягають шляхом включення і виключення парового клапана 6.

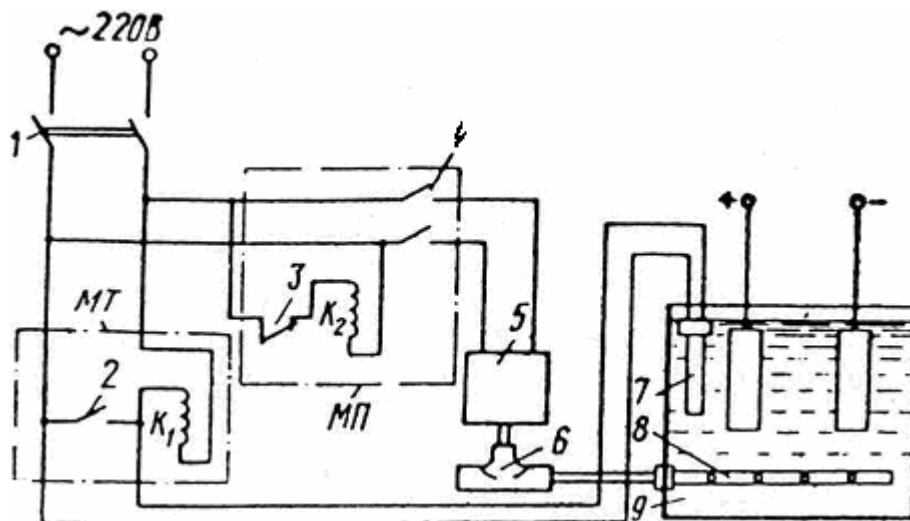


Рис. 15.14 – Принципова схема автоматичного регулятора температури електроліту

Під час включення рубильника 1 струм переходить через замкнені контакти 3 і котушку K_2 магнітного пускача МП, внаслідок чого вмикається магнітний пускач і його контакти 4 замикаються. Струм надходить до котушки електромагніту 5, який відкриває паровий

клапан 6, в результаті чого пар через підігрівач 8 нагріває електроліт у ванні 9 до заданої температури.

Підігрівання триватиме до того часу, поки стрілка манометричного термометра МТ, який реєструє температуру ванни через датчик 7, не переміститься по шкалі до заданої величини. Після цього контакти 2 проміжного реле замкнуться і включиться коло обмотки К1, під дією магнітного поля якої розімкнуться контакти 3 і, отже, коло обмотки К2 магнітного пускача МП. Паровий клапан закриється і доступ підігрітої пари у ванну припиниться.

Поступово охолоджуючись, електроліт перемістить стрілку термометра в інший бік, що приведе до замикання контактів 3 і відкриття парового клапана.

15.8. Шляхи удосконалення технології гальванічних покриттів

Поряд з перевагами гальванічні способи покриття мають і суттєві недоліки, що обмежує їх застосування. До головних з них відносяться:

- складність і недостатня надійність технологічного процесу спричиняє зниження продуктивності праці і нестабільні результати по зчепленню покриттів з деталями;
- витрати великої кількості чистої води і утворення такої ж кількості забруднених стоків значно підвищує собівартість відновлення і змушує будувати очисні споруди, які вартістю і за площею, яку займають, порівнюються із гальванічним цехом;
- порівняно низька продуктивність, обумовлена великою операційністю процесу і недостатньою швидкістю осадження металів;
- якість покриттів не завжди відповідає вимогам, які до них висувають.

Отже, удосконалення технології гальванічних покриттів виконують, по-перше, шляхом скорочення числа підготовчих і заключних операцій; по-друге, шляхом підвищення продуктивності процесу.

Скорочення числа підготовчих і заключних операцій сприяє суттєвому спрощенню технологічного процесу, підвищенню його надійності і зниженню трудомісткості. Крім того, це значно зменшує витрати чистої води і утворення забруднених стоків. З цією метою розроблена технологія анодного травлення сталевих і чавунних деталей з одночасним очищенням їх поверхонь від травильного шламу безпосередньо в хлористому електроліті з ви-

сокою концентрацією солі заліза. Після цього деталі не промивають водою. Для покращання очищення поверхні від шламу і підвищення зчеплення покриття з деталлю електроліз починають на асиметричному змінному струмі, а потім переходять на постійний.

До технологічного процесу відновлення гальванічним покриттям відносяться електрохімічне знежирення і хімічна нейтралізація в лугових розчинах. Для виконання цих операцій застосовують шкідливі для здоров'я робітників хімікати, витрачають до 20...30 хв. часу і велику кількість чистої води, яку потім треба очищати. Удосконалюючи технологічний процес, фахівці розробили спосіб механічного знежирення деталей віденським вапном з наступним промиванням водою із замкненої системи водовикористання. Крім того, вони суміщають нейтралізацію деталей після насталування з одночасним промиванням в пристрої для розподілу води на кисле і лугове середовища за допомогою електричного струму.

У перспективі можливе утворення малоопераційної безвідходної технології насталування із замкненим циклом водовикористання.

Підвищення продуктивності процесу можна досягти за рахунок збільшення швидкості нанесення покриттів, яку визначають за формулою (15.7). При цьому, поділивши обидві частини рівності на τ , одержимо

$$v = \frac{c \cdot D_k \cdot \eta_k}{1000 \cdot \gamma} \quad (15.9)$$

Оскільки електрохімічний еквівалент речовини C і питома вага осадженого металу γ для кожного металу є постійними величинами, то швидкість нанесення покриття можна збільшити тільки шляхом підвищення катодного виходу металу по струму η_k або щільності струму на катоді D_k , або одночасно η_k і D_k . Збільшення швидкості нанесення покриттів за рахунок підвищення виходу металу по струму є важливим напрямком робіт з удосконалення технологічного процесу хромування з низьким значенням виходу металу по струму. Для насталування та інших процесів цей показник дорівнює 85% і більше. За рахунок подальшого підвищення швидкості нанесення покриттів його суттєво збільшити неможливо. Тому для підвищення продуктивності процесів треба збільшувати щільність струму.

Щоб покращити процес нанесення покриттів з високими якістю і продуктивністю, треба удосконалювати і розробляти нові електроліти і технологічні заходи.

15.8.1. Розробка нових електролітів

Для одних технологічних процесів, наприклад, хромування, розробка нових електролітів сприяє збільшенню щільності струму і виходу хрому по струму і тим самим зростанню продуктивності процесу, а для інших – це основний шлях підвищення якості покриттів. Так, саморегулюючі електроліти хромування (див. *табл. 15.1*) дозволяють збільшити вихід по струму до 35...40% і щільність струму до 100...300 А/дм², завдяки чому продуктивність процесу підвищується в 10 і більше разів у порівнянні з хромуванням в універсальному електроліті.

Щоб підвищити зносостійкість і покращити інші властивості покриттів, треба наносити на деталі різні сплави металів. Наприклад, сплав залізо – фосфор з місткістю фосфору до 7...10% можна одержати з відомого нам і найбільш поширеного електроліту при введенні до нього 10...20 г/л гіпофосфіту натрію. У вихідному стані його мікротвердість складає 7000...8000 МПа. Термообробка покриттів із сплаву залізо – фосфор при температурі 350...400°C протягом 1 години сприяє виникненню фосфідів заліза (FeP) і збільшенню мікротвердості до 15000...16000 МПа. Їх зносостійкість більше ніж удвічі перевищує зносостійкість загартованої сталі 45 і не поступається зносостійкості хромових покриттів.

Для відновлення деталей, що працюють у важких корозійних умовах, застосовують залізнікелеві покриття. Для їх одержання в електроліт настальювання додають 20...30 г/л хлористого нікелю.

До перспективних відносять композиційні електрохімічні покриття (КЕП), створені шляхом введення до електролітів дрібнодисперсних порошоків полімерів, оксидів металів (Al₂O₃). Наприклад, в електроліті залізнення додають 40...50 г/л порошку полівінілхлориду або 30...40 г/л поліаміду. Зносостійкість таких покриттів під час тертя ковзання в 2...3 рази вище зносостійкості звичайних насталених покриттів.

15.8.2. Розробка нових технологічних засобів

Розробка нових технологічних засобів спрямована на зменшення збіднення і залугування електроліту, що сприяє збільшенню продуктивності процесу. До таких засобів відносять: проточне, струминне, електроконтактне покриття, пе-

ремішування електроліту, застосування періодичних струмів (нестационарного електролізу) та ін.

При створенні турбулентного руху електроліту біля поверхні катода катодна щільність струму під час настилювання досягає $150 \dots 200 \text{ А/дм}^2$, а швидкість нанесення покриття – $1,5 \dots 2 \text{ мм/год}$. При цьому турбулентний рух створюється за рахунок введення в міжелектродний простір обертальної пластмасової перегородки, що обертається зі швидкістю $2 \dots 3 \text{ м/с}$. Крім того, за рахунок цієї перегородки зменшується дендритоутворення і шорсткість покриттів, покращується їх рівномірність.

Гальваномеханічний спосіб нанесення покриттів дозволяє значно підвищити продуктивність. Його характерною особливістю є те, що під час електролізу по відновлюваній поверхні постійно переміщується інструмент у вигляді абразивних або алмазних брусків. При цьому відбувається незначне знімання вже нанесеного металу, але внаслідок активування відновлюваної поверхні і перемішування електроліту щільність струму, наприклад, при хромуванні може бути збільшена до 1000 А/дм^2 , а швидкість нанесення покриттів в $20 \dots 50$ разів і досягти $3,6 \text{ мм/год}$. Важливо, що вихід хрому по струму становить $50 \dots 55\%$.

Застосування періодичних струмів (реверсивного, асиметричного, імпульсного та ін.) замість постійного дозволяє в декілька разів підвищити продуктивність процесу і покращити властивості покриттів. Фізична сутність способу полягає в тому, що струм, змінюючись за певним законом, періодично змінює свій напрямок. Деталь поперемінно стає то катодом, то анодом, а катодне осадження металу на деталі періодично припиняється і змінюється його нетривалим частковим розчиненням. Разом з нетривалим розчиненням руйнується і пасивна плівка, що створюється, а прикатодний шар електроліту збагачується катіонами металу.

Повторення таких циклів при правильному виборі співвідношення кількостей електрики катодного і анодного періодів знижує катодну поляризацію. У цьому випадку катодна щільність струму може бути вибрана більш високою, ніж під час покриття металу на постійному струмі при інших однакових умовах.

Найбільш простою формою періодичного струму вважають реверсивний струм, який одержують шляхом зміни напрямку постійного струму. Наприклад, хромувати на реверсивному струмі можна в універсальному електроліті при температурі 50...60°C, щільності прямого і зворотного струмів 60...140 А/дм², тривалості проходження прямого струму 1...5хв. і зворотного – 1...5 с.

Випробуваннями встановлено, що з підвищенням частоти зміни напрямку реверсивного струму зростає ефективність його впливу на процес електролітичного покриття робочих поверхонь. Під час електролізу використовують звичайний змінний струм промислової частоти, регулюючи незалежно одну відносно іншої амплітуди його прямої і зворотної складових (рис. 15.15, 15.16). Інколи такий струм називають асиметричним, змінним.

Зустрічно-паралельне включення напівпровідникових діодів В1 і В2 дозволяє за допомогою реостатів R1 і R2 (рис. 15.15, а) розділити і незалежно один відносно другого регулювати негативний (катодний) і позитивний (анодний) імпульси, задаючи їм неоднакові амплітуди I_m^k і I_m^a (рис. 15.16). Використовуючи тиристори (управляючі діоди) замість звичайних напівпровідникових діодів, із схеми вилучають баластні реостати і витрати в них електроенергії.

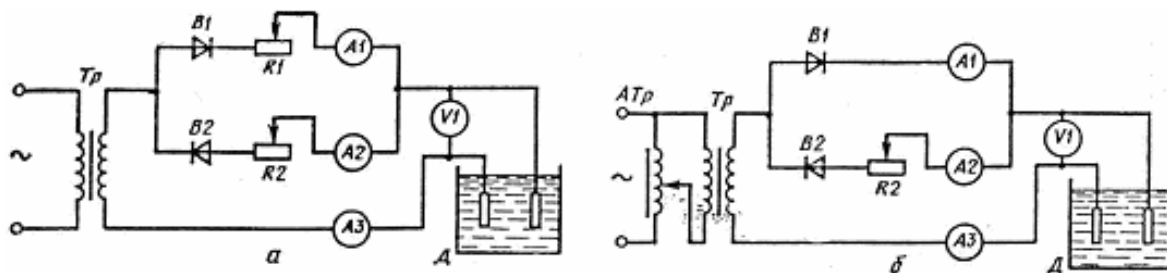


Рис. 15.15 – Принципова схема електролізу періодичним струмом з незалежним регулюванням амплітуд прямого і зворотного імпульсів:

а) регулювання прямого і зворотного імпульсів струму реостатами; б) регулювання прямого імпульсу струму автотрансформатором: Тр – понижуючий трансформатор; АТр – автотрансформатор; В1 і В2 – напівпровідникові діоди; R1 і R2 – регулюючі реостати; А1 і А2 – магнітоелектричні амперметри; А3 і V1 – електромагнітні відповідно амперметр і вольтметр; Д – ванна

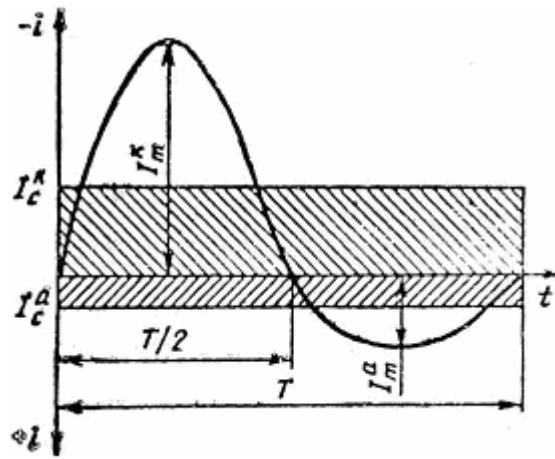


Рис. 15.16 – Графік періодичного струму з незалежним регулюванням амплітуд прямого і зворотного імпульсів:

I_m^k і I_m^a – амплітуди прямого і зворотного імпульсів; I_c^k і I_c^a – середнє значення відповідно прямого і зворотного імпульсів за період;
 T – період періодичного струму

Режим електролізу характеризується не одним, а двома електричними параметрами: катодною щільністю струму D_k і катодно-анодним показником β , які визначають за формулами:

$$D_k = \frac{I_c^k}{S_k}; \quad (15.10)$$

$$\beta = \frac{I_c^k}{I_c^a}. \quad (15.11)$$

де I_c^k і I_c^a – середнє значення за період відповідно прямого (катодного) і зворотного (анодного) імпульсів струму, А;
 S_k – площа катода, дм^2 .

Під час холодного настилювання оптимальним режимом вважають $D_k = 20 \dots 30 \text{ А/дм}^2$ і $\beta = 6 \dots 10$, кислотність електроліту рН $0,5 \dots 0,9$, температура не регламентується. Процес характеризується підвищенням дендритоутворенням, особливо при використанні тиристорного джерела струму. Щоб його зменшити, необхідно починати настилювання на асиметричному змінному струмі, що забезпечує підвищене зчеплення покрит-

тів при холодному електроліті, а потім переходити на постійний струм.

Розглянуті однофазні схеми ефективні для установок невеликої потужності (сила струму до 500 А). Існують схеми отримання різних форм періодичного струму із застосуванням джерел трифазного змінного струму, в тому числі серійних випрямлячів типу ВАК, що оснащені спеціальною приставкою асиметричного струму.

16. Відновлення деталей паянням

16.1. Фізична сутність паяння

Паяння – це технологічний процес отримання нероз’ємних з’єднань металевих (або металізованих) деталей у твердому стані шляхом встановлення взаємної дифузії розплавленого сплаву, який називають припоєм, і підігрітих з’єднуваних деталей.

Під час паяння краї з’єднуваних деталей нагрівають до такої температури, при якій припій повністю розплавлюється, змочує поверхні і заповнює зазор між ними. При охолодженні припій кристалізується і утворює достатньо міцне з’єднання деталей.

Міцність паяння буде тим вищою, чим більш повною буде взаємна дифузія розплавленого припою і підігрітих з’єднуваних деталей. Ступінь дифузії залежить від властивостей припою і з’єднуваних деталей; чистоти поверхонь цих деталей; температури, при якій відбувається паяння і тривалості видержки при цій температурі. Температура, при якій відбувається паяння, і тривалість витримки повинні бути оптимальними, бо при великих за значенням цих величинах може виникнути окислення з’єднуваних деталей і припою, що негативно впливатиме на дифузійні процеси і, отже, на міцність паяння. На міцність паяння великий вплив має також зазор між з’єднуваними деталями. Його величина залежить від розмірів шва, який змінюється в межах 0,05...0,2 мм.

Оцінюючи фізичну сутність паяння як способу відновлення деталей, можна відзначити такі його переваги порівняно з іншими способами відновлення:

- під час відновлення деталей їх нагрівають до такої температури, при якій структура, механічна міцність та інші властивості не змінюються;
- можна з’єднувати деталі, виготовлені з різних металів;

- достатньо висока міцність з'єднаних деталей;
- простота технологічного процесу і обладнання.

До недоліків цього способу відновлення слід віднести деяке зниження міцності з'єднаних деталей у порівнянні із зварюванням.

16.2. Класифікація паяльних матеріалів та інструменту та їх характеристика

До матеріалів, які застосовують під час відновлення деталей паянням, відносяться припої і флюси.

16.2.1. Класифікація припоїв і їх характеристика

В якості припою використовують певний чистий метал або його сплав. До припоїв висувають наступні вимоги:

- температура плавлення припою має бути нижчою за температуру плавлення металу спаюваних деталей;
- при певній температурі паяння припій повинен добре змочувати поверхні, що спаюються, і заповнювати з'єднувальні зазори;
- припій повинен забезпечувати отримання з'єднань з потрібними властивостями за механічною міцністю, антикорозійною стійкістю, електропровідністю та ін.;
- коефіцієнти термічного розширення припою і спаюваних деталей мають бути близькими за величиною.

Усім цим вимогам відповідають олов'яно-свинцеві, мідно-цинкові, срібні, алюмінієві припої, які найбільш часто застосовують в ремонтному виробництві.

Усі припої класифікують згідно з температурою їх плавлення на низько- й високотемпературні. До низькотемпературних відносяться припої з температурою плавлення нижче 450°C, а до високотемпературних – вище 450°C.

Найбільш поширеними низькотемпературними припоями є сплави на основі олова і свинцю, які називають олов'яно-свинцевими. Температура їх плавлення не перевищує 280°C. Вони мають досить велику антикорозійну стійкість і високі технологічні властивості

– міцність паяння цими припоями за межею міцності на розрив не перевищує 50...80 МПа.

Серед олов'яно-свинцевих припоїв широке застосування знайшли припої із складом олова 10...90% марок ПОС-10, ПОССу-18-2, ПОС-40, ПОС-61, ПОС-90. Крім основних компонентів до складу олов'яно-свинцевих припоїв згідно з ДСТ 1499-54 входять сурма, мідь і нікель. З цих компонентів сурма є найбільш об'ємною. Так, у складі припою марки ПОССу-18-2 сурма за масою складає 2%, тоді як мідь і нікель – відповідно 0,15 і 0,08%.

Припої ПОС-40 і ПОС-61 забезпечують найбільшу міцність паяння і мають достатньо високі антикорозійні властивості у порівнянні з іншими марками олов'яно-свинцевих припоїв.

До низькотемпературних припоїв відносять олов'яно-цинкові припої, призначені для паяння дроту і кабельної продукції з алюмінію і його сплавів марки А. До їх складу входять: олово – 40, цинк – 58, мідь – 2%. Температура плавлення – 400...425°C.

До високотемпературних припоїв відносять: мідно-цинкові, срібні й алюмінієві припої. Мідно-цинкові припої є найбільш поширеними високотемпературними припоями. Згідно з ДСТ 1534-42 до їх складу входять: мідь – (36...65)% і цинк – (64...35)%. Вони забезпечують міцність паяння до 300...350 МПа і мають високі антикорозійні властивості. У ремонтному виробництві знайшли широке застосування для відновлення сталевих і чавунних деталей, а також деталей з міді і її сплавів припої марки ПМЦ-36, ПМЦ-48, ПМЦ-54, Л-63, ЛОК-62-06-04, які забезпечують найбільш міцні з'єднання. До недоліків цих припоїв відносяться можливість випаровування цинку, пари якого інтенсивно окислюються, а окис цинку негативно впливає на здоров'я працюючих.

Менш поширеними високотемпературними припоями є мідно-фосфористі припої марки ПМФ-7 і ПМФ-9. До їх складу входять відповідно 7...9% фосфору і 93,91% міді. Температура плавлення – 850,78°C. Виготовляють їх у вигляді прутків і штаб. Застосовують тільки для відновлення деталей, що виготовлені з міді і її сплавів. Мають високу електропровідність. При відновленні мідних деталей паянням припоєм ПМФ-7 флюс не потрібен.

Срібні припої мають високу вартість, тому є менш поширеними. Їх застосовують тільки в тих випадках, коли шов повинен мати велику механічну міцність, підвищену антикорозійну стійкість, не знижувати електропровідність деталі.

Срібний припій є сплавом срібла з міддю і цинком. В окремих випадках додають фо-

сфор і кадмій. Згідно з ДСТ 8190-56 до складу срібних припоїв входять: срібло – в межах 10...70, мідь – 16...70, цинк – 4...37, фосфор – 5, кадмій – 18%. Температура плавлення – 600...850°C.

Із збільшенням у складі припою кількості срібла міцність паяння зростає від 150 до 450 МПа. До найбільш поширених срібних припоїв, які застосовують під час відновлення деталей з міді і її сплавів, сталі і нікелю, відносять: ПСр-70, ПСр-65, ПСр-50Кд, ПСр-45, ПСр-25ф, ПСр-10.

Срібні припої виготовляють у вигляді дроту діаметром 0,3...0,5 мм і штаби товщиною 0,15...3, шириною 50...200 і довжиною 100...400 мм.

Високотемпературний алюмінієвий припій є сплавом алюмінію з міддю, цинком і кремнієм. Згідно з ДСТ 9018-61 до складу алюмінієвих припоїв входять: алюміній – 20...90, мідь – 15...30, цинк – 20...25, кремній – 4...12%. Температура плавлення – 450...600°C. Температури початку плавлення і повного розплавлення цих припоїв є близькими одна до одної. Міцність паяння лежить в межах 150...180 МПа. До найбільш поширених алюмінієвих припоїв, які застосовують тільки для відновлення деталей, виготовлених з алюмінію і його сплавів, належать 34А, 35А, П-550А, П-575А, силумін. Перевагами цих припоїв є висока антикорозійна стійкість і міцність з'єднання.

16.2.2. Класифікація флюсів і їх характеристика

Для одержання міцного з'єднання спаюваних поверхонь під час відновлення деталей паянням застосовують флюси. За їх допомогою із спаюваних поверхонь цих деталей усувають окиси, а під час спаювання забезпечують їх надійний захист від окислення.

До флюсів висувають такі вимоги:

- вступати в хімічну взаємодію або розчинювати окиси при більш низькій температурі, ніж температура плавлення припою;
- зменшувати сили поверхневого натягу розплавленого припою і покращувати його розтікання;
- знаходячись у розплавленому стані, добре змочувати металеві поверхні;
- не справляти корозійного впливу на з'єднувальні деталі й припій;

– легко усувати залишки флюсу з поверхонь деталей після паяння.

Склад флюсу залежить від складу припою і металу, з якого виготовлені спаювані деталі.

Під час паяння деталей олов'яно-свинцевими припоями застосовують такі флюси: хлористий цинк, хлористий цинк-амоній, каніфоль, паяльний жир.

Концентрація водного розчину хлористого цинку (травленої кислоти), що застосовують як флюс, знаходиться в межах 20...50% (0,33...0,45 кг твердого хлористого цинку на 1 л води). Хлористий цинк готують шляхом безпосереднього розчинення цинку в соляній кислоті (0,3...0,5 кг цинку на 1 л соляної кислоти).

Хлористий цинк-амоній (нашатир) складається з 16 частин розчину хлористого цинку і 11 частин амонію (нашатирю). Додаток амонію підвищує активність флюсу і знижує температуру його плавлення.

Хлористий цинк і хлористий цинк-амоній застосовують для паяння великих сталевих і мідних деталей. Після паяння деталі обов'язково промивають водою, бо хлор, що міститься у флюсі, залишаючись на поверхнях деталей, сприяє їх корозії. Тому ці флюси не застосовують при ремонті електрообладнання.

При ремонті електрообладнання застосовують безкислотні флюси-каніфолі. Для зручності при нанесенні флюсу на поверхні деталей (особливо у важкодоступних місцях) каніфоль використовують у вигляді порошку або спиртового розчину. Для більш інтенсивного усунення окислів за допомогою флюсу-каніфолі до її складу в окремих випадках вводять активуючі добавки хлористого цинку і хлористого амонію.

Паяльний жир застосовують під час паяння мідних дроту і жил кабельної продукції, паяння свинцевої муфти до свинцевої оболонки кабелю, паяння заземлюючого дроту до броні і свинцевої оболонки кабелю. До його складу входять: 10...15 вагових частин каніфолі, 5...7 частин тваринного жиру або стеарину, 2 частини хлористого амонію (нашатирю), 1 частина хлористого цинку, 1 частина води.

При паянні високотемпературними припоями застосовують борнокислий натр (буру), борну кислоту та інші спеціальні флюси. Зокрема, для паяння мідно-цинковими припоями використовують буру або її суміш з борною кислотою у відношенні 1:1. Для паяння срібними припоями використовують флюси, що складаються із суміші фтористого калію, хло-

ристого калію і борного ангідриду.

Борнокислий натр (буру) застосовують для паяння сталі, міді, бронзи, латуні, пластинок твердих сплавів. Для підсилення дії бури до неї додають борну кислоту і поташ. Для запобігання спучуванню бури перед паянням її прожарюють, товчуть у дрібний порошок. Під час паяння бура при остиганні може утворювати тверду і важковидалювану шкурку, що не розчиняється у воді. Замість чистої бури часто використовують значно дешевшу суміш, що складається з 8 вагових частин бури, 3 частини кухонної солі і 3 частини поташу.

Буру використовують у вигляді порошку або пасти, яку замішують безпосередньо перед паянням у воді або спирті.

Борну кислоту застосовують для паяння нержавіючої сталі і жароміцних сплавів.

При паянні алюмінію і його сплавів з використанням високотемпературного припою на основі алюмінію застосовують спеціальні флюси, що складаються із суміші хлористих солей калію, літію, натрію і цинку. Найбільш поширеним є флюс Ф380А (34А), що складається із хлористого калію – 47%, хлористого літію – 38%, фтористого натрію – 5%, хлористого цинку – 10%. Температура плавлення цього флюсу дорівнює 380°C.

Для паяння алюмінію і його сплавів з використанням низькотемпературного припою застосовують флюс, що складається з хлористого цинку – 90%, хлористого амонію (поташу) – 8%, фтористого калію – 1,2%, фтористого літію – 0,6%, фтористого натрію – 0,2%. Температура плавлення цього флюсу дорівнює 220°C.

16.2.3. Класифікація паяльного інструменту

Для нагрівання спаюваних деталей і розплавлення припою застосовують паяльний інструмент, до якого відносяться паяльники, паяльні лампи, пальники.

За способом нагрівання паяльники класифікують на прості, електричні й ультразвукові.

Простий паяльник (*рис. 16.1, а*) являє собою спеціальної форми брусок з міді марки М-1, закріплений на сталевому стержні, який виконує роль ручки. Робочу поверхню паяльника загострюють і залужують. Залежно від розмірів спаюваних деталей застосовують паяльники вагою 0,25...2 кг. Для нагрівання простих паяльників використовують полум'я па-

яльної лампи (рис. 16.1, б), горна, газового пальника та інших нагрівачів.

Суттєвим недоліком простого паяльника є необхідність його періодичного підігрівання і очищення робочої поверхні.

Електричний паяльник (рис. 16.1, в) – це нагрівач із спеціальним нагрівальним елементом у вигляді спіралі, через яку пропускають електричний струм напругою 220, 127 або 36 В. Нагрівальний елемент виготовляють з ніхромового дроту, обмотуючи його навколо мідного стержня. За допомогою слюди цей нагрівальний елемент ізолюють від стержня.

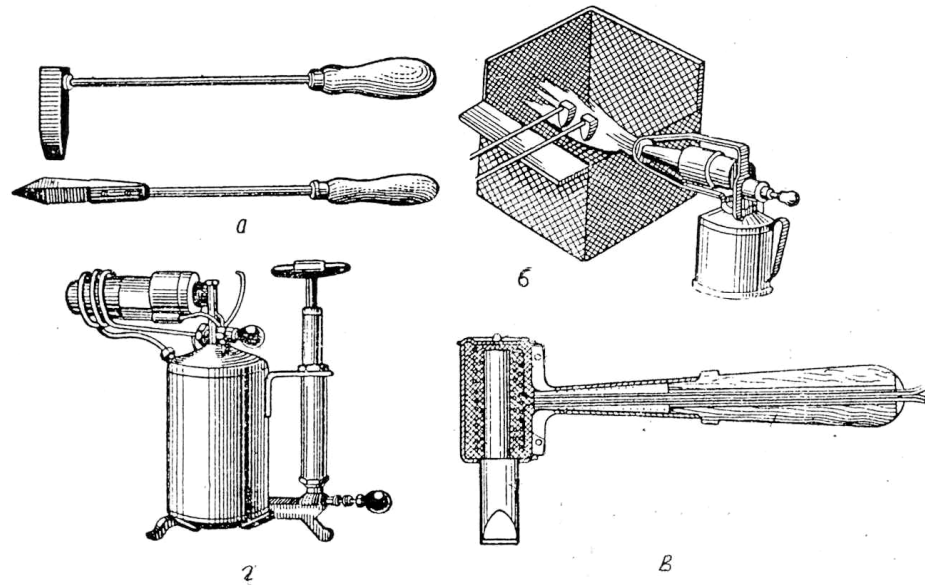


Рис. 16.1 – Паяльники:

а – прості паяльники; б – нагрівання простих паяльників паяльною лампою; в – паяльник з електричним нагрівом (електропаяльник); г – паяльна лампа

Робочий стержень електричного паяльника може бути змінним і розміщуватись як по осі ручки, так і під кутом $90 \dots 135^\circ$.

Температура нагрівання таких паяльників не перевищує 450°C .

Ультразвукові паяльники використовують для паяння алюмінію і його сплавів.

В якості джерела ультразвукових коливань застосовують п'єзоелектричні й магнітострикційні випромінювачі. У п'єзоелектричних випромінювачах використовують властивості деяких кристалів (кварцу, калію, сегнетової солі та ін.) змінювати розміри в змінному електричному полі, а в магнітострикційних перетворювачах – властивості окремих феромагнітних матеріалів (нікелю, кобальту, пермалою та ін.) змінювати свої лінійні розміри під час зміни параметрів магнітного поля.

На *рис. 16.2* наведена схема ультразвукового паяльника з магнітострикційним випромінювачем ультразвукових коливань 1. Магнітострикційний випромінювач являє собою пакет нікелевих пластин, на яких намотана обмотка збудження ультразвукових коливань 2 з мідного дроту. Через цю обмотку пропускають від окремого джерела електричний струм частотою 20...55 кГц, внаслідок чого навколо обмотки створюється магнітне поле. У магнітному полі обмотки магнітострикційний випромінювач генерує поздовжні ультразвукові коливання.

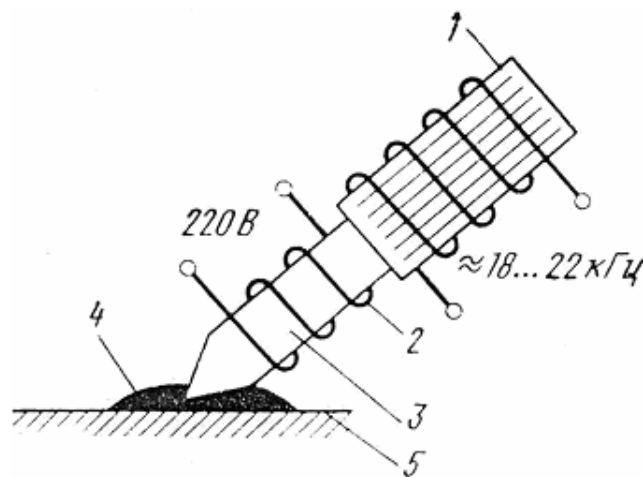


Рис. 16.2 – Схема ультразвукового паяльника

На кінці магнітострикційного випромінювача закріплюють робочий стержень 3. Його виготовляють з монеля, хромонікелевої сталі або сплаву нікелю зі сріблом. Ці метали майже не піддаються корозійному пошкодженню. На робочому стержні закріплюють нагрівальний елемент 4. Він виконує аналогічну роль як в електричного паяльника.

Під час паяння під дією ультразвукових коливань робочого стержня в розплавленому припої на межі між припоєм і металом деталі виникають кавітаційні бульбашки, які при закритті викликають імпульсний тиск. Він руйнує окисну плівку на спалюваних поверхнях деталі. Припій, зіткнувшись з чистим металом деталі, розтікається і лудить її, а також забезпечує міцне паяне з'єднання.

При відновленні деталей паянням високотемпературними припоями паяльні лампи (*рис. 16.1, з*) забезпечують нагрівання відновлюваних деталей до температури 1100°C. Їх заправляють бензином, гасом або спиртом. Найбільше застосування знайшли паяльні лампи, в яких місткість резервуару дорівнює 0,5 або 1 л.

16.3. Технологічний процес відновлення деталей паянням

До складу технологічного процесу відновлення деталей паянням відносять такі технологічні операції: підготовку спаєваних деталей до паяння, паяння і обробку деталей після паяння.

Залежно від того, яким припоєм виконують паяння (низько- чи високотемпературним), його технологічний процес має свої специфічні особливості.

16.3.1. Технологічний процес відновлення деталей паянням низькотемпературними припоями

Технологічний процес відновлення деталей низькотемпературними олов'яно-свинцевими припоями в ремонтному виробництві знайшов найбільше застосування. Зокрема, його використовують під час відновлення масляних і повітряних трубопроводів, баків, деталей вузлів та агрегатів електрообладнання та інших деталей.

Підготовка спаєваних поверхонь деталей до паяння включає зачищення країв деталей від забруднення і окислів, нагрівання до температури паяння, покриття поверхні флюсом і лудіння з'єднуваних поверхонь. Зачищення країв деталей від забруднення і окислів виконують механічним способом за допомогою напилка, металевої щітки, шліфувального круга, спеціальної скребачки. Інколи очищають поверхні деталей травленням у кислотах. Покриття поверхонь флюсом виконують безпосередньо перед лудінням і паянням. Далі складають вироби, забезпечуючи зазор між з'єднуваними поверхнями в межах 0,05...0,2 мм.

Паяння деталей виконують за допомогою паяльника або шляхом занурення деталей в розплавлений припій. Перед паянням краї деталей покривають флюсом. Припій і краї деталей, які спаюють, під час паяння нагрівають до температури, що перевищує температуру повного розплавлення припою на 40...50°C.

Під час паяння зануренням припій розплавляють в електричному тиглі; його розміри визначаються розмірами з'єднуваних деталей

Після паяння деталі повільно охолоджують до температури повного затвердіння, потім паяний шов промивають гарячою водою від залишків флюсу і зачищають від напливів

припою. Цей технологічний процес можна показати на конкретній деталі. Наприклад, треба усунути механічне пошкодження – отвір діаметром 6 мм на мідному трубопроводі пневмосистеми тролейбуса. Технологічний процес відновлення трубопроводу полягає в наступному:

- підготовка паяльного матеріалу та інструменту, зокрема, розчину хлористого цинку, волосяної щітки, нашатирю, припою, чистої сухої ганчірки, наждачного паперу, шаберу, шматка листової міді, латуні або заліза для виготовлення латки;

- зачищення напилком нижньої частини паяльника з всіх боків і нагрівання його на полум'ї, наприклад, паяльної лампи;

- зачищення шабером місця паяння на трубопроводі і вирізання необхідних розмірів латки, підгонка її за контуром трубопроводу і зачищення за допомогою шабера або наждачного паперу;

- протирання зачищених місць трубопроводу і латки розчином хлористого цинку (травленої соляної кислоти) і нагрівання їх до температури 100...150°C;

- зачищення паяльника, нагрітого до температури 400...500°C, від окалини напилком, а від окислів за допомогою нашатирю і припою, натираючи його робочу поверхню спочатку нашатирем, а потім припоєм до тих пір, поки він не покриється полудою, тобто тонким суцільним шаром припою;

- накладання паяльника на припій, внаслідок чого припій швидко плавиться, і, змочуючи паяльник, створює на паяльнику краплю припою;

- лудіння підготовленим паяльником місць паяння на трубопроводі і латці, тобто покриття тонким шаром припою;

- протирання місць паяння розчином хлористого цинку і накладання латки на місце пошкодження трубопроводу;

- заливання за допомогою паяльника тонким шаром розплавленого припою щілини між латкою і трубопроводом і утворення таким чином суцільного шва;

- візуальний контроль якості суцільності шва;

- охолодження трубопроводу і промивання місця паяння теплою водою, щоб запобігти окисленню міді залишками соляної кислоти.

За таким технологічним процесом можна відновлювати деталі зі сталі, цинку, латуні,

бронзи та ін. Деталі з міді і бронзи можна відновлювати без нашатирю і хлористого цинку, використовуючи каніфоль або стеарин за умови, що спаювані поверхні будуть добре зачищеними і знежиреними. У цьому випадку місце паяння посипають дрібним порошком стеарину або каніфолі, лудять їх, а потім прогрівають паяльником і заплавлюють припоєм.

Відновлення деталей з алюмінію і його сплавів паянням низькотемпературними припоями має деякі особливості. Це пояснюється тим, що на поверхні деталі утворюється міцна тугоплавка окисна плівка, яка заважає з'єднанню припою з деталлю. Застосовувати флюси під час паяння алюмінію неможливо, бо вони при порівняно низькій температурі паяння не взаємодіють з окисами і не розчиняють їх. Паяння алюмінію і його сплавів низькотемпературними припоями виконують за допомогою ультразвукових паяльників.

16.3.2. Технологічний процес відновлення деталей паянням високотемпературними припоями

Технологічний процес відновлення паянням високотемпературними припоями застосовують для усунення механічних пошкоджень корпусних деталей складальних одиниць транспортних засобів, під час відновлення трубопроводів, контактів електричних апаратів та інших деталей.

При підготовці до паяння підганяють пошкоджені деталі, виготовляють накладки для усунення пробойн, обробляють краї тріщин. Під час паяння деталей з алюмінію і його сплавів з'єднувані поверхні знежирюють розчином кальцинованої соди і промивають водою. Краї деталей, які спаюють, зачищають слюсарним інструментом від окислів, а потім покривають флюсом, який наносять у вигляді порошку або пасти. Після покриття флюсом у шов укладають припій. Залежно від форми шва і деталі припій застосовують у вигляді дроту, пластинок, прутків, кілець з дроту та ін. Після накладання припою починають паяння. Деталі в місцях паяння нагрівають до температури, що незначно перевищує температуру повного розплавлення припою, і витримують при цій температурі протягом деякого часу, який визначають експериментальним шляхом. Тривалість витримки деталі при температурі паяння має бути такою, щоб забезпечити розплавлення припою, заповнення ним зазору і найбільш повне протікання дифузійних процесів між рідким припоєм і підігрітими краями де-

талей, які спаюють.

Залежно від методу нагрівання деталей застосовують в ремонтному виробництві такі способи паяння високотемпературними припоями: газополум'яний, електроопорний, індукційний, пічний, солянований та ін.

При газополум'яному способі паяння використовують зварювальний паяльник. У ремонтному виробництві цей спосіб знайшов найбільше застосування. Він забезпечує високу якість паяння, але потребує від виконавця професійних навичок, бо висока температура полум'я і трудність виконання постійного контролю за температурою нагрівання деталі створюють загрозу перегрівання металу деталі і припою. При газополум'яному паянні припій до місця паяння доставляють у вигляді прутка, як і під час газового зварювання. Флюс на місце паяння наносять завчасно, потім полум'ям паяльника підігрівають краї деталі і тільки після розплавлення флюсу наносять припій.

Технологічний процес відновлення деталей електроопорним способом паяння забезпечує високу якість з'єднання. При застосуванні цього способу паяння нагрівання виконують за рахунок тепла, що виділяється під час проходження електричного струму через з'єднання припою і спаюваних деталей. Паяння можна виконувати за допомогою стикових, точечних і роликкових електроконтактних зварювальних машин. Паяння цим способом виконують без флюсу, бо він в даному випадку є ізолятором. Якість паяння одержують високою, тому що нагрівання відбувається дуже швидко, а припій захищається від окислення щільним з'єднанням із спаюваними деталями.

Непогані результати отримують при застосуванні технологічного процесу відновлення деталей індукційним способом паяння, використовуючи для нагрівання деталей електричний струм високої частоти. Деталі, підготовлені до паяння, з нанесеними флюсом і припоєм розміщують в індукторі. Він живиться струмом високої частоти від спеціального генератора. Цей технологічний процес паяння забезпечує високу продуктивність, але потребує складного обладнання.

Технологічний процес відновлення деталей пічним способом паяння є прогресивним. Його виконують в повітряному, нейтральному і активному середовищах. При цьому способі паяння, з'єднувальні деталі вміщують в піч з попередньо нанесеними флюсом і припоєм.

До переваг цього технологічного процесу паяння відносять: можливість контролюва-

ти температуру паяння і тривалість витримки при цій температурі, а також досягти глибокого і рівномірного нагрівання деталей. При паянні пічним способом в печах, де протікає технологічний процес, контролюють температурний режим. Тому виключається можливість окислення металу деталі і припою. Недоліком цього технологічного процесу паяння слід вважати загальне нагрівання відновлюваної деталі і можливість порушення її термообробки.

Технологічний процес відновлення деталей сольовим способом паяння виконують шляхом повного або часткового занурення спаюваних деталей із припоєм у ванну з розплавом солей. У цьому технологічному процесі в якості нагрівального середовища використовують розплави, до складу яких входять хлористий натрій, хлористий барій або суміш цих солей. Перевагами цього технологічного процесу відновлення є нагрівання відновлюваних деталей без доступу повітря, можливість контролювати температуру паяння і тривалість витримки при цій температурі, стабільність якості паяння.

Після паяння будь-яким з перерахованих вище способів деталі поступово охолоджують, очищають від напливів припою і промивають водою від залишків флюсу.

Якість відновлення деталі паянням визначають відомими методами неруйнівного контролю, зокрема, люмінесцентним, ультразвуковим та ін. Порожністі деталі випробовують шляхом опресування.

Таким чином, оцінюючи технологічний процес відновлення деталей паянням як один з перспективних способів відновлення, можна відзначити, що значення його зростатиме в міру розширення застосування під час розробки нових транспортних засобів спеціальних сплавів і композиційних матеріалів.

17. Відновлення деталей шляхом застосування синтетичних матеріалів

У ремонтному виробництві транспортних засобів для відновлення деталей все частіше застосовують різні види синтетичних матеріалів, зокрема, пластичні маси (пластмаси), клейові й герметизуючі полімерні матеріали.

17.1. Класифікація пластмас і властивості їх композицій

Пластмаси – це складні багатокомпонентні суміші, які виготовляють на основі високомолекулярних органічних речовин. Вони здатні під впливом підвищених температур і тиску приймати певну форму, яка в умовах експлуатації виробу не змінюється.

У ремонтному виробництві пластмаси застосовують для усунення механічних пошкоджень, зміни геометричних форм та розмірів спряжених деталей, підвищення герметичності з'єднань. Одночасно покриття композицією з пластмас знижує шум від тертя, підвищує корозійну стійкість виробу. Тонкий шар композиції пластмас практично не погіршує показники міцності металу і надає деталі податливість, тобто здатності приймати форму спряженої деталі, що приводить до значного збільшення площі контакту.

Композиції пластмас наносять на поверхні відновлюваних деталей шляхом занурення в розплав композиції пластмас, лиття під тиском, гарячим пресуванням і різними способами напилювання.

Головною складовою частиною композиції кожного виду пластмас є полімер. Він зв'язує всі компоненти пластмаси в єдину композицію, куди входять наповнювачі, пластифікатори, затверджувачі, каталізатори (прискорювачі), барвники та інші добавки. Але окремі види пластмас, такі, наприклад, як полістирол, поліетилен, поліпропілен та ін. складаються тільки з одного полімеру.

Залежно від хімічної природи полімерів усі пластмаси поділяються на дві великі групи: термореактивні пластмаси (реактопласти) і термопластичні пластмаси (термопласти).

17.1.1. Властивості композицій термопластичних пластмас

Термопластичні пластмаси при нормальній температурі (+20°C) знаходяться у твердому стані, але під час навіть багаторазового нагрівання і охолодження вони зберігають зда-

тність розм'якшуватись, плавитись, приймати будь-яку форму і знову тверднути. Це пов'язано з їх лінійною або розгалуженою структурою макромолекул, де не відбуваються хімічні реакції.

З термопластичних пластмас в ремонтному виробництві найчастіше застосовують поліетилен, поліпропілен, полістирол, вініпласт, поліамід, фторопласт. Зв'язуючою основою композиції, тобто полімером цих пластмас є поліамідні смоли. Для підвищення твердості, зносостійкості та інших властивостей до поліамідних смол додають наповнювачі: графіт, тальк, дисульфід молібдену, сталеві й чавунні порошки.

Термопластичні пластмаси мають добру адгезію з металами, достатньо високу механічну міцність і зносостійкість.

На заводах-виробниках їх випускають у вигляді гранул і застосовують при відновленні робочих поверхонь спряжених деталей. Але застосування цих пластмас обмежується внаслідок того, що поліамідні покриття можна наносити на спряжені деталі, виготовлені з точністю, що відповідає 8-му і більш грубим квалітетам, і працюють при температурі не більше 80°C, швидкості ковзання до 0,5 м/с і тиску до 1,5 МПа. Непридатність термопластичних пластмас для відновлення поверхонь деталей з шорсткістю $R_a = 25 \dots 30$ мкм пояснюється зміною розмірів цих поверхонь внаслідок їх волого-вбираючої здатності.

До термопластичних пластмас відносять також акрилові пластмаси: акрилат АСТ-Т, бутакрил та епоксидно-акрилові пластмаси СХЕ-2 і СХЕ-3. Зв'язуючою основою композицій цих пластмас є акрилові смоли. Вони являють собою продукти полімеризації метилметакрилату і сополімеризації (співполімеризації) метилметакрилату із стиролом.

Акрилові смоли складаються з двох складових частин – рідини і порошку, які зберігаються окремо. Змішуючи порошок і рідину, одержують консистентну масу, яка твердіє без нагрівання і тиску, бо акрилові композиції відносяться до швидкоотвердлюючих пластмас холодного отвердіння.

Основні показники, що характеризують властивості акрилових композицій, подані в табл. 17.1.

Таблиця 17.1 – Властивості акрилових композицій

Параметр	АСТ-Т	Бутакрил	Акрилат СХЕ-2	Акрилат СХЕ-3
1	2	3	4	5
Щільність, г/см ³	1,14	1,17...1,18	1,188	1,17
Тимчасовий опір, МПа	24...31,4	30	31,9...44,5	36
Межа міцності при стисненні, МПа	78,5...99,5	90	77,3...94,9	90
В'язкість ударна, МПа м	0,35...1,04	0,4...0,8	0,36...0,89	1
Твердість за Мартенсом	12...13	15	14...18	16
Адгезія, МПа:				
до сталі	16,5...21,5	11...20	2,5...42,9	35
до чавуну	15...19,3	10...18	19,4...24,3	32
до латуні	6,8...10,8	5,5...10	12,7...16,9	14,9
Мастилопоглинання за 24 год., %	0,372	0,4	0,203	0,05
Лінійна усадка, %	0,2...0,5	0,2...0,3	0,1...0,25	0,23
Мінімальна товщина нанесеного шару, мм	0,5	1	0,2	0,2
Максимальна робоча температура, °С	80	80	112	112
Тривалість твердіння суміші порошку і рідини при 20...25°С, хв.	75	75	20...120	20...120

В'язкість акрилових композицій змінюють залежно від їх призначення. Для цього в розчин акрилового складу додають порошкоподібні, волокнисті, шаруваті наповнювачі з металевих і неметалевих матеріалів.

Для підвищення експлуатаційних властивостей (зменшення коефіцієнта тертя і збільшення зносостійкості) до акрилового складу додають порошок графіту, масова частка якого може досягати 10%. Але при цьому погіршуються адгезійні властивості акрилової композиції. Щоб використати гарні адгезійні властивості акрилової композиції без наповнювачів і підвищити експлуатаційні властивості акрилової композиції, що містить антифрикційні наповнювачі, відповідальні деталі транспортних засобів відновлюють двоступеневим методом, тобто спочатку відновлювану поверхню покривають шаром розчину акрилової

композиції без наповнювачів (підкладка), а після полімеризації підкладки наносять шар акрилової композиції, що містить необхідну кількість антифрикційного наповнювача. При цьому верхній шар повністю з'єднується з нижнім.

Розчин акрилової композиції готують безпосередньо перед застосуванням. Для цього визначають відношення порошку і рідини в розчині залежно від об'єму і розмірів щілинних отворів, в які заливають розчин. Чим тонша і довша щілина, тим рідкішою має бути суміш. Рекомендуються такі відношення порошку і рідини: 1:0,75; 1:1; 1:1,15; 1:2. Із збільшенням кількості рідини зростають усадка і тривалість твердіння акрилових композицій.

Порошок і рідину вміщують в чисту скляну, фарфорову або металеву посудину. Суміш ретельно перемішують круговим обертанням в одну сторону протягом 1...2 хв. до набухання порошку в рідині і утворення маси певної консистенції. Після цього суміші АСТ-Т і бутакрилу готові до використання. Суміш акрилатів СХЕ-2 і СХЕ-3 закривають кришкою і залежно від температури навколишнього середовища витримують протягом 10...25 хв., після чого суміш вважають готовою до використання.

Розчин акрилової композиції наносять на відновлювану поверхню шляхом заливання консистенції або за допомогою щітки.

Затверділа акрилова композиція зносостійка, добре працює разом з чавунном, сталлю, бронзою, її коефіцієнт тертя під час відсутності мастила знаходиться в межах 0,20...0,18, при введенні до її складу необхідної кількості антифрикційних додатків цей коефіцієнт зменшується до 0,143. Пластмаса з такими додатками може працювати без мастила.

Затверділа акрилова композиція стійка до лугу будь-якої концентрації, бензину, скипідару, прісної і морської води, мінеральних і рослинних мастил. Шар акрилової композиції можна усунути при необхідності шляхом нагрівання до температури 150...200°C з подальшим випалюванням або обробкою різанням.

17.1.2. Властивості композицій термореактивних пластмас

Термореактивні пластмаси при нормальній температурі можуть бути в рідкому або твердому стані, при нагріванні до певної температури вони переходять до в'язкотекучого стану, а при подальшому нагріванні тверднуть і залишаються в такому стані незалежно від температури. Цей процес безповоротний, бо перевести термореактивні пластмаси знову до пластичного стану неможливо.

З термореактивних пластмас найбільш поширеними при відновленні деталей транспортних засобів є пластмаси, зв'язуючою основою (полімером) композиції яких є епоксидні смоли.

Серед складових частин епоксидних композицій, що знайшли в ремонтному виробництві транспортних засобів практичне використання, основну роль надають епоксидним смолам марки ЕД-16 і ЕД-20. Вони являють собою в'язку рідину світло-коричневого кольору. Як видно з табл. 17.2, до складу епоксидних композицій крім епоксидної смоли входять затверджувачі, пластифікатори, наповнювачі та інші добавки.

Затверджувачі призначені для того, щоб перевести епоксидну композицію в безповоротний твердий стан. Існують два їх види – холодні й гарячі. Як холодні затверджувачі застосовують поліетиленполіамід (ПЕПА) і амінофенол (АФ-2). При використанні цих затверджувачів епоксидна композиція переходить до твердого стану при нормальній температурі, але для прискорення процесу отвердіння його проводять, як правило, при температурі 60...70°C. Як гарячий затверджувач використовують малеїновий ангідрид. Застосовуючи його, процес отвердіння рекомендують здійснювати при температурі 120...160°C.

Таблиця 17.2 – Склад епоксидних композицій

	Склад (у частинах до маси)				
	А	Б	В	Г	Д
Смола ЕД-16	100	100	100	100	—
Компаунд К-115	—	—	—	—	120
Дибутилфталат	10...15	15	15	—	—
Поліетилен поліамід	8	10	10	—	—
Олігоамід Л-19	—	—	—	30	—
Амінофенол АФ-2	—	—	—	—	30
Залізний порошок	—	160	—	120	—
Цемент (азбест)	—	—	—	-60	—
Алюмінієва пудра	—	—	25	—	—
Графіт	—	—	—	—	70

Для підвищення пластичних властивостей епоксидних композицій до них додають пластифікатори. Як пластифікатор часто застосовують дибутилфталат (ДФБ): низькомолекулярну аліфатичну смолу ДЕГ-1 і тіокол НВБ-2. Для надання епоксидній композиції потрібних фізико-механічних властивостей до неї добавляють наповнювачі: сталевий або чавунний порошок, аеросил, алюмінієву пудру, порошки слюди, тальку, азбесту, цементу, графіту. Вітчизняні заводи-виготовники випускають готові до застосування композиції у вигляді компаундів К-115 і К-153. Вони не містять наповнювачів і затверджувачів.

Епоксидну композицію готують за наступною технологією. Розігрівають тару з епоксидною смолою ЕД-16 в термічній шафі або в ємності з гарячою водою до температури 60...80°C і наповнюють ванночку необхідною кількістю смоли. У ванночку додають невеликими порціями пластифікатор (дибутилфталат), добре перемішують суміш протягом 5...8 хв. Потім додають наповнювач і теж ретельно перемішують протягом 8...10 хв.

Приготовлений склад можна довго зберігати. Безпосередньо перед його використанням вливають затверджувач і перемішують протягом 5 хв., після чого епоксидна композиція повинна бути використана протягом 20...25 хв.

17.2. Класифікація клейових матеріалів та їх властивості

У ремонтному виробництві застосовують клейові матеріали, які класифікують на синтетичні й епоксидні клеї, еластомери та анаеробні герметики.

Синтетичні клеї використовують для порівняно простого й економічно ефективного процесу з'єднання деталей, що забезпечує в той же час їх високу міцність. Застосовують синтетичні клеї 88Н, БФ-2, ВС-10Т та ін.

У *табл. 17.3* наведені склад, призначення і фізико-механічні властивості основних марок синтетичних клеїв.

Перед склеюванням поверхні деталей ретельно очищують від забруднень, знежирюють розчинниками і надають їм шорсткість. Після цього на з'єднувальні поверхні наносять 2...3 шари клею товщиною близько 0,1 мм. Вважаючи, що більшість клеїв містять леткі розчинники, після нанесення першого і наступних шарів клею їх підсушують. Тривалість витримки під час підсушування залежить від марки і звичайно наводиться в правилах застосування.

Після підсушування клею з'єднують склеюванні поверхні. При цьому дуже строго витримують режим отвердіння, зокрема, зусилля притиснення поверхонь; температуру і тривалість витримки під час затвердіння. Так, при застосуванні клею ВС-10Т необхідно забезпечити питомий тиск між з'єднувальними поверхнями в межах 0,5...1,0 МПа. Затвердіння проводять при температурі 180°C, нагріваючи деталі протягом 45 хв. Можна також застосовувати місцеве нагрівання склеюваних поверхонь, використовуючи електричний нагрівач, паяльну лампу або інші джерела тепла. Охолодження деталей після склеювання виконують повільно.

Таблиця 17.3 – Склад, призначення і фізико-механічні властивості синтетичних матеріалів

Марки синтетичних клеїв	Склад	Розчинник	Призначення	Умовна твердість	Еластичність за шкалою НДЦЛК	Межа міцності на відрив, МПа	Тимчасовий опір, МПа	Межа міцності на удар, МПа	Масло-стійкість
88Н; ТУ 38-105106-88	Бутилфенол-формальдегідна смола, гумова суміш 31-Н	Етилацетат, бензин	Приклеювання гуми до металу	140	1,0	1,1	0,77	10,0	Нестійкий
БФ-2; ДСТ 12172-74	Спиртові розчини полівініл-ацеталей з резольними фенол-формальдегідними смолами	Спирт	Склеювання металів та інших матеріалів	465	3,0	10,0	0,77	10,0	Стійкий

Для відновлення нерухомих з'єднань деталей застосовують еластomers. Вони являють собою суміш різних смол і лаків. До найбільш поширених в ремонтному виробництві марок еластомерів відносяться ВДУ-3, ГЕН-150(В) та МПФ-1.

У табл. 17.4 подано їх склад, призначення та фізико-механічні властивості.

Заводи-виробники поставляють еластomers у вигляді листів товщиною 2...3 мм. На поверхню деталі наносять покриття з їх розчинів концентрацією: 20 частин за масою полімеру, 35 – бутилацетату або етилацетату, 50 – ацетону, 15 – толуолу або бензину. Якщо до цієї суміші додати 6 масових частин пластифікатора марки Н-135, то одержують морозостійкий розчин.

Для приготування розчину еластомер нарізають шматочками, вміщують в скляну або алюмінієву місткість з герметично закритою кришкою і витримують протягом 10...12 годин до повного розбухання матеріалу. Суміш через кожні 2...3 години перемішують до повного розчинення. Приготовлений розчин фільтрують за допомогою металевої сітки, що має 100...150 отворів на 1 см² при температурі 20°C визначають його умовну в'язкість, використовуючи віскозиметр ВЗ-4 (ДСТ 8420-74). Вона повинна знаходитись в межах 19...20 с. Після цього розчин готовий для використання. Його можна зберігати тривалий час при температурі 15...20°C в герметично закритій посудині у вогнебезпечному місці.

Анаеробні герметики – це багатокомпонентні рідкі речовини, здатні тривалий час зберігатись на повітрі без зміни властивостей і швидко твердіти (полімеризуватись) при температурі 15...35°C без доступу повітря з утворенням міцного твердого полімеру. Вони складаються з полімеризаційно ненасиченого з'єднання, ініціатора полімеризації, каталізатора, модифікатора в'язкості, стабілізуючої системи, барвника та ін.

Основною частиною анаеробних герметиків є полімеризаційно ненасичені з'єднання акрилового ряду. Вони за відсутності кисню швидко перетворюються в просторово зшиті полімери. Ініціатор і каталізатор полімеризації прискорюють процес утворення полімера. Стабілізуюча система стримує дію ініціатора в присутності кисню повітря.

Таблиця 17.4 – Склад, призначення та фізико-механічні властивості еластомерів

Марки еластомерів	Склад	Розчинник	Призначення	Умовна твердість	Еластичність за шкалою НДІЛК	Межа міцності на відрив, МПа	Тимчасовий опір, МПа	Межа міцності на удар, МПа	Масло-стійкість
ВДУ-3; ОСТ 6-05- 5101-78	Смола ВДУ, смоли нейтральних гум	Бензол, ацетон або толуол	Під час вулканізації гуми до металу	197	3,0	3,5	0,73	30,0	Обмежена
ГЕН-150(В); ОСТ 6-05- 5101-78	Смола ВДУ, вітрильний каучук марки СКН-40	Ацетон, бутилацетат, бензол або толуол	Приготовлення клеїв і герметизованих композицій	185	1,0	3,5	0,89	Св. 50,0	Стійкий
МПФ-1; ТУ 6-05- 1865-78	Метиллополіамідна смола ПФЕ-2/10, бакелітовий лак А	Спирт	Склеювання металів і неметалевих матеріалів	230	1,0	15,0	0,885	Св. 50,0	Стійкий

Модифікатори в'язкості вводять для отримання заданої в'язкості залежно від призначення герметика. Барвник вводять з метою полегшення контролю за нанесенням герметика на поверхню деталі.

Процес полімеризації протікає з різною швидкістю залежно від активності металу, величини зазору, температури і наявності активатора.

Залежно від швидкості полімеризації всі метали діляться на активні нормальні й пасивні.

У ремонтному виробництві найбільш часто застосовують герметики “Ана-терми” (АН-6, АН-6В, АН-103 і АН-104) і “Унігерми” (УГ-7, УГ-8 і УГ-9).

При температурі 20°C герметики УГ-7 затвердівають за 8 год., УГ-8 – 9 год., а АН-6 і АН-6В – до 5 год. При температурі 80°C герметик УГ-8 затвердіває протягом 1 год., а АН-6 і АН-6В – 4 год.

Підвищення температури сприяє збільшенню міцності клейового з'єднання. При діаметральному зазорі 0,15 мм межа міцності під час аксіального зсуву клейового з'єднання, що виконане герметиком АН-6 і затверділо при температурі 20°C, дорівнює 8,6 МПа, при 50°C – 11,3, при 80°C – 11,5 МПа.

Щоб прискорити процес полімеризації, застосовують активатор марок КС і КВ. Його наносять на поверхню однієї із з'єднаних деталей м'якою щіткою. Деталь витримують при температурі 15...35 °С протягом 10...25 хв. до повного висихання активатора. Потім поверхню деталі вкривають анаеробним герметиком.

Використання активатора марки КВ дозволяє зменшити тривалість затвердіння герметиків АН-6 і АН-6В до 2 год. Межа міцності клейового з'єднання, що виконане герметиком АН-6 і затверділо при температурі 20°C, збільшується до 11 МПа.

Довговічність нерухомих з'єднань, що відновлені із застосуванням анаеробних герметиків, залежить також від товщини клейового шару. Із його збільшенням довговічність зменшується.

17.3. Класифікація герметизуючих полімерних матеріалів

Для ремонту складальних одиниць транспортних засобів застосовують прокладки з різних матеріалів: пресшпан, картон, пароніт та ін. Вони не завжди забезпечують тривалу герметичність з'єднань, бо втрачають свої ущільнювальні властивості. Застосування герметизуючих полімерних матеріалів замість прокладок або в поєднанні з ними підвищує довговічність складальних одиниць, вузлів і агрегатів та інших матеріалів.

Полімерні матеріали поділяють на дві групи: твердіючі й нетвердіючі. До твердіючих відносяться кремнійорганічні герметики типів еластосил і КЛТ-75Т, до нетвердіючих – рідинні ущільнювальні прокладки типу ГИПК і ущільнювальна замазка У-20А.

Герметик еластосил 137-83 складається з низькомолекулярного каучука, каталізаторів і наповнювачів. Він являє собою однорідну пастоподібну в'язкотекучу композицію білого кольору. Робочий інтервал температур – від -60 до +300°C. Тривалість висихання при температурі 20°C дорівнює 60 хв. Цей герметик застосовують для герметизації з'єднань, що знаходяться у повітряному, водно-паровому, луго-кислотному та масляному середовищах.

Компаунд КЛТ-75Т застосовують в нерухомих з'єднаннях, що знаходяться у водяному, повітряному, масляному й паливному середовищах.

Еластосил 137-83 і компаунд КЛТ-75Т використовують при неплоскостності з'єднувальних поверхонь, що не перевищує 0,8 мм.

Ущільнювальна рідинна прокладка ГИПК-242 містить низькомолекулярний поліетилен і цільові добавки. Вона являє собою однорідну пастоподібну композицію світло-сірого кольору. Її застосовують в нерухомих з'єднаннях, які працюють у водяному, водно-паровому і повітряних середовищах, а також при неплоскостності з'єднувальних деталей, яка не перевищує 0,15 мм. Робочий інтервал температур – від -60 до 150°C.

Ущільнювальна рідинна прокладка ГИПК-244 – це однорідна в'язка композиція від коричневого до темно-коричневого кольору. До її складу входять бутадієн-акрилонітрильний каучук і цільові добавки. За її допомогою герметизують нерухомі з'єднання у водяному, водно-паровому, луго-кислотному, повітряному та масло-бензиновому середовищах. Її застосовують при неплоскостності з'єднувальних поверхонь, що не перевищує 0,155 мм.

Ущільнювальна замазка У-20А складається з високомолекулярного поліізобутилену, який наповнюють азбестом і пластифікують мінеральним мастилом. Вона являє собою сіро-зелену масу високої пластичності. Її застосовують для герметизації з'єднань із неплоскістю поверхонь, що не перевищує 0,25 мм, у водяному й повітряному середовищах.

Технологічний процес герметизації включає зачищення і знежирення поверхні, нанесення герметика, складання і затвердіння твердіючих герметиків. З'єднувальні поверхні зачищають від старих прокладок за допомогою ручного або механізованого інструменту і знежирюють ацетоном.

Герметик еластосил 137-83 і компаунд КЛТ-75Т наносять на поверхню однієї із з'єднуваних деталей рівним шаром товщиною 1...3 мм за допомогою шприца або шпателя. Витрата герметиків досягає 500 г/м². Через не більше ніж 20 хв. після нанесення герметика з'єднання складають. Тверднуть вони при температурі 18...20°С протягом 6 год.

Рідинні ущільнювальні прокладки ГИПК-242 і ГИПК-244 розігрівають до температури 80°С і наносять на одну з поверхонь деталей, а потім встановлюють тверду прокладку. На прокладку наносять шар герметика, складають з'єднання, затягуючи болти згідно з технічними вимогами. Витрата рідинної ущільнювальної прокладки складає 300...400 г/м². Прокладки ГИПК-242 і ГИПК-244 можна застосовувати і без твердих прокладок.

Ущільнювальну замазку У-20А нарізають шматочками і розчиняють в уайт-спіриті. Співвідношення замазки і розчинника становить 1:1. Приготовлений герметик можна застосовувати протягом тривалого часу, витрата ущільнювальної замазки – 400г/м².

17.4. Технологічні процеси відновлення деталей шляхом застосування синтетичних матеріалів

Технологічні процеси відновлення деталей шляхом застосування синтетичних матеріалів виконують в такій послідовності: підготовка поверхонь відновлюваних деталей; знежирення і просушування формуючих поверхонь деталей; складання відновлюваних деталей; герметизація відновлюваних поверхонь пластиліном і виготовлення лійок для заливання синтетичних матеріалів; підготовка розчину синтетичного матеріалу; заливання цього розчину через лійки в щілину між спряженими поверхнями; вибір режиму затвердіння ма-

теріалу, тобто визначення тривалості витримки залежно від температури навколишнього середовища; усунення затверділих приливів синтетичних матеріалів; контроль якості відновлених поверхонь.

Залежно від дефекту, виду синтетичного матеріалу, конструкції та умов роботи відновленої деталі кожний технологічний процес відновлення має свої особливості.

17.4.1. Технологічний процес усунення механічних пошкоджень деталей

Серед механічних пошкоджень часто зустрічаються тріщини й пробоїни. Тріщини довжиною до 20 мм усувають за таким технологічним процесом: за допомогою лупи 8...10-кратного збільшення визначають межі тріщин. На кінцях тріщин свердлять отвори діаметром 2...3 мм. Уздовж тріщини по всій довжині знімають фаску під кутом 60...70° на глибину 1...3 мм (якщо товщина деталі менше 1,5 мм, то фаску не знімають). На відстані 40...50 мм від тріщини зачищають поверхню деталі до металевго блиску. Знежирюють поверхні тріщин і зачищеної ділянки, протираючи їх змоченим в ацетоні тампоном. Просушують деталі протягом 8...10 хв. Повторно знежирюють і повторно просушують. Як показано на *рис. 17.1, а*, деталь 1 встановлюють так, щоб поверхня з тріщиною 2 знаходилась в горизонтальному положенні.

Наносять шпателем епоксидну композицію 3 на поверхні тріщини і зачищеної ділянки. Усувають тріщини чавунних і сталевих деталей складом Б, а деталей з алюмінієвих сплавів – складом В (*табл. 17.2*).

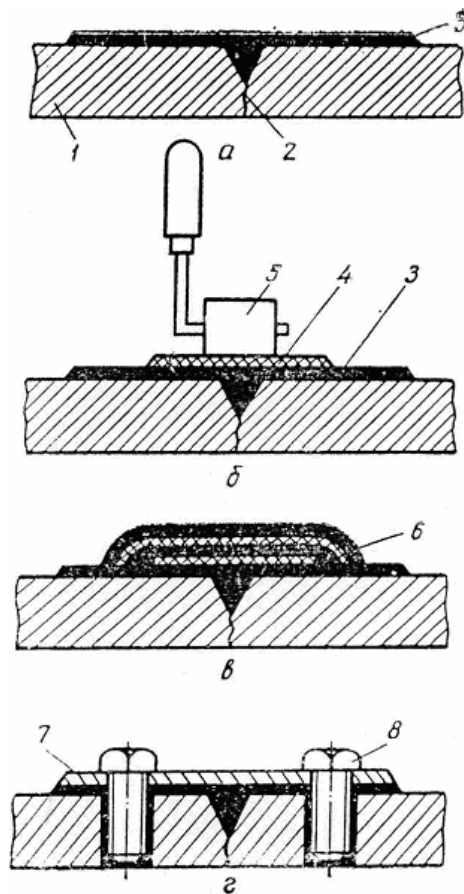


Рис. 17.1 – Схема усунення тріщин:

*a, ... г – варіанти; 1 – деталь; 2 – тріщина; 3 – епоксидна композиція;
4 і 6 – накладки із склотканини; 5 – ролик; 7 – металева накладка;
8 – болт*

Тріщини довжиною 20...150 мм (рис. 17.1, б) усувають за аналогічним технологічним процесом. Крім того, додатково виконують ряд технологічних операцій: після нанесення епоксидної композиції 3 на тріщину додатково накладають накладку 4 із склотканини, яка перекриває тріщину з всіх боків на 20...25 мм; накладку накочують роликом 5; на поверхню наносять шар епоксидної композиції; накладають другу накладку із склотканини (рис. 17.1, в), що перекриває першу на 10...15 мм; накладку накочують роликом 5; наносять останній шар епоксидної композиції.

Тріщини довжиною більше 150 мм (рис. 17.1, г) усувають за попереднім технологічним процесом, як і під час усунення тріщин до 20 мм, але з іншими додатковими технологічними операціями, ніж під час усунення тріщин 20...150 мм, зокрема, після нанесення епоксидної композиції накладають металеву накладку і закріплюють її болтами.

Додаткові технологічні операції виконують в такій послідовності: накладку 7 виготовляють з листової сталі товщиною 1,5...2,0 мм з урахуванням того, що вона перекриватиме тріщину на 40...50 мм; в накладці свердлять отвори діаметром 10 мм на відстані 60...80 мм між їх центрами уздовж тріщини і на відстані не менше 10 мм від країв накладки; накладку накладають на тріщину; кернуть центри отворів на деталі; знімають накладку; свердлять отвори діаметром 6,8 мм; нарізають нарізку 1М8х1; поверхні деталі і металевої накладки зачищають до металевого блиску і знежирюють; наносять шар епоксидної композиції на тріщину і накладку; вкривають тонким шаром епоксидної композиції різьблені поверхні болтів; кладуть накладку на деталь; закручують болти.

Пробоїни на деталях усувають за допомогою цієї ж епоксидної композиції шляхом накладання металевих накладок на рівні з деталлю або зверху неї.

У першому випадку (рис. 17.2, а) пробоїни усувають за таким технологічним процесом: притупляють гострі краї пробоїн; зачищають поверхню деталі навколо пробоїн до металевого блиску на відстані 20...25 мм; накладку виготовляють з листової сталі товщиною 0,5...0,8 мм, яка перекриває пробоїну на 10...20 мм; знежирюють; сушать краї пробоїни і зачищену навколо неї ділянку поверхні протягом 8...10 хв.; прикріплюють посередині накладки дріт діаметром 0,3...0,5 мм і довжиною 100...150 мм; виготовляють із склотканини накладку по контуру пробоїни; повторно знежирюють; сушать краї пробоїни; наносять тонкий шар епоксидної композиції; установлюють накладку 1 під пробоїну; закріплюють дротом 3; накладають на накладку 1 накладку із склотканини 4; накладку накочують роликком, наносять епоксидну композицію; накладають другу накладку із склотканини; накочують накладку роликком (операції по нанесенню епоксидної композиції і укладанню накладок із склотканини повторюють до тих пір, поки пробоїна не буде заповнена по всій товщині стінки); на верхню накладку наносять шар 2 епоксидної композиції і проводять його отвердіння.

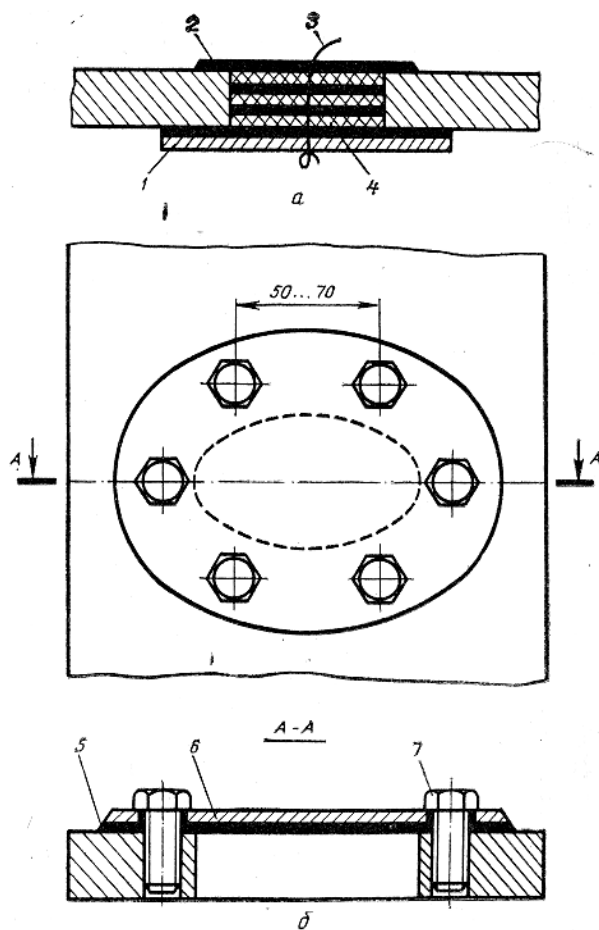


Рис. 17.2 – Схема усунення пробоїн шляхом накладання накладок:

a – на рівні з деталлю; *б* – зверху деталі; 1 і 6 – металеві накладки; 2 і 5 – шари епоксидної композиції; 3 – дрiт; 4 – накладка із склотканини; 7 – болт

В іншому випадку (рис. 17.2, б) пробоїни усувають за таким технологічним процесом: притупляють гострі краї пробоїни; зачищають до металевого блиску поверхню деталі навколо пробоїни на відстані 40...50 мм; виготовляють накладку з листової сталі товщиною 1,5...2,0 мм, яка повинна перекривати пробоїну на 40...50 мм; свердлять у накладці отвори діаметром 10 мм, що знаходяться між собою на відстані 50...70 мм по периметру пробоїни, а центри отворів повинні знаходитись від країв накладки на відстані 10 мм; свердлять в деталі отвори діаметром 6,8 мм і нарізають в них рьзьбу М8х1; зачищають до металевого блиску поверхню накладки, що прилягає до деталі; знежирюють поверхні деталі і накладки; наносять на поверхні тонкий шар епоксидної композиції.

Епоксидні композиції, що містять поліетиленполіамін, тобто склади А, Б, і В (табл. 17.2), затвердівають при температурі 18...20 °С протягом 72 год., а під час нагрівання в термошафі за одним з наступних режимів: при температурі 40°С затвердівають протягом

48 год., при температурі 60°C – 24 год., при температурі 80°C – 5 год., при температурі 100°C – 3 год. Після затвердіння композиції зачищають підтікання і напливи, а потім визначають якість відновлення.

17.4.2. Технологічні процеси усунення зміни геометричних форм і розмірів деталей

Зміну геометричних форм і розмірів деталей усувають шляхом занурення в розплав композиції полімерів, лиття під тиском і різними способами напилювання порошкоподібних полімерів. Для усунення цього дефекту на внутрішніх робочих поверхнях циліндричної форми застосовують відцентрований спосіб.

Технологічний процес занурення складається з таких технологічних операцій: деталь зачищають; знежирюють; встановлюють на оправку, яка може обертатись навколо своєї осі; занурюють на 2...3 мм у ванну з розчином композиції полімерів; обертають деталь навколо своєї осі з частотою 6 хв⁻¹; ванну опускають так, щоб деталь не торкалась розчину; сушать протягом певного часу (цей цикл технологічних операцій повторюють 5 разів і отримують покриття високої якості товщиною до 0,26 мм).

Технологічний процес усунення дефекту шляхом лиття під тиском включає такі технологічні операції: усувають сліди зносу шляхом проточування робочої поверхні; знежирюють; фосфатують у киплячому розчині, що містить 1 кг суперфосфату на 2 л води, куди деталі опускають на 5...10 хв., після чого промивають 5%-вим розчином кальцинованої соди в гарячій воді і витримують в сушильній шафі при температурі 130...150°C протягом 8...10 хв.; завантажують полімерний матеріал 2 у бункер 1 (рис. 17.3); подають його в циліндр 3, де нагрівають до температури 240...270°C протягом 30...40 хв.; відновлювальну деталь 7 нагрівають до температури 240°C; нагрівають прес-форму до температури 80...100°C; встановлюють в прес-форму відновлювальну деталь; заповнюють зазор між оформляючою поверхнею прес-форми і зношеною поверхнею деталі шляхом виштовхування з циліндра 3 розплавленого полімерного матеріалу 5 під час руху поршня 4 справа наліво; витримують полімерний матеріал під питомим тиском 30...35 МПа і температурою розплаву протягом 20 с. (температура розплаву має бути на 20°C більшою ніж температура

плавлення полімерного матеріалу); знижують тиск до нуля; розбирають прес-форму; виймають відновлену деталь; зачищають шви; вилучають обливи й прирости; проводять термічну обробку деталі в мастилі при температурі 120...130°C протягом 1,5...2 год.; охолоджують деталь разом з мастилом до температури 100°C; охолоджують деталь на повітрі до 20°C, витримуючи її протягом 24 год.; визначають розміри деталі.

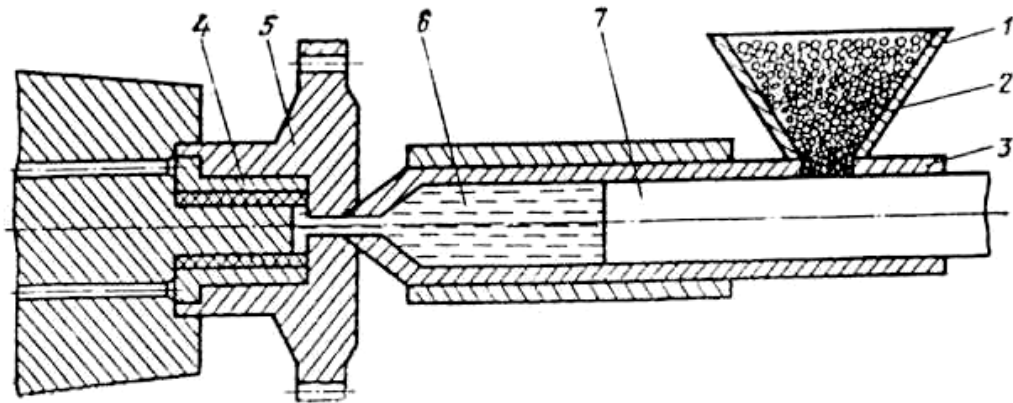


Рис. 17.3 – Схема відновлення деталі шляхом лиття під тиском:

1 – бункер; 2 – полімерний матеріал; 3 – циліндр; 4 – поршень; 5 – розплавлений полімерний матеріал; 6 – прес-форма; 7 – відновлювальна деталь

Цей спосіб відновлення деталей має високу продуктивність, дозволяє отримувати деталі із заданими розмірами, що не потребують механічної обробки. До недоліків його відносять: необхідність виготовлення для кожної деталі прес-форми; порівняно низьку адгезію полімерного шару до поверхні деталі; товщина покриття є незначною (мінімальною), бо низька теплопровідність пластмас.

Серед способів напилювання порошкоподібних полімерів у ремонтному виробництві застосовують: вихровий, вібраційний, вібровихровий, електростатичний, струминний, газополум'яний та ін.

Найбільше поширення набув вібровихровий спосіб, який реалізують за допомогою установки, зображеної на *рис. 17.4*.

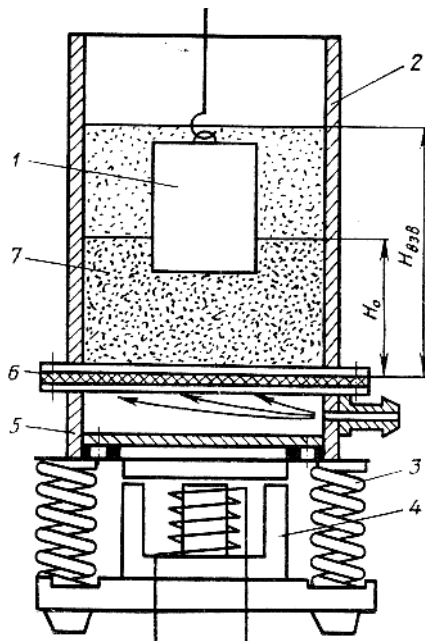


Рис. 17.4 – Схема вібровихрової установки:

*1 – деталь; 2 – ванна; 3 – пружина; 4 – вібратор електромагнітний;
5 – пневматична камера; 6 – пориста перегородка; 7 – полімерний порошок*

Технологічний процес усунення дефекту шляхом напилювання порошкоподібних полімерів цим способом складається з таких технологічних операцій: гранули полімерів перетворюють механічним або хімічним шляхом у порошкоподібний стан із розміром частинок 0,12...0,22 мм; порошкоподібний матеріал 7 засипають у ванну 2, первинна висота шару якого дорівнює H_0 ; подають стиснутий газ у пневматичну камеру 5, при цьому газ, проходячи через перегородку 6, розбивається на безліч дрібних струминок, частинки полімеру, що знаходяться в стані спокою, підхоплюються струминками і переміщуються хаотично уверх, бо на них діють протилежно спрямовані сили (сила тяжіння і стиснутий газ), а також сили зіткнення із стінками ванни і між собою; включають електромагнітний вібратор 4, при цьому ванна разом з порошкоподібним полімером зазнає вплив змушених коливань частотою 50...100 Гц і за рахунок спільних і одночасних дій стиснутого газу і вібрації полімерний матеріал переходить до псевдоскрапленого стану з багатьма властивостями рідини, внаслідок чого висота його шару зростає і стає рівною H_K .

Одночасно деталь 1 (рис. 17.4) готують до напилювання, виконуючи такі технологічні операції: за допомогою токарного верстата усувають сліди зносу;

шліфують за допомогою шліфувального верстата; знежирюють; фосфатують поверхні, що підлягають відновленню; поверхні, що не підлягають відновленню, ізолюють за допомогою визначених вище способів: покривають рідким склом або термостійким силіконовим лаком, обгортають фольгою або листовим азбестом.

Під час нанесення покриття з порошкоподібного полікапроаміду виконують такі технологічні операції: деталь нагрівають до температури 290°C; залежно від необхідної товщини покриття деталь занурюють у псевдоскраплений шар на 5...20 с., внаслідок чого частинки порошку 7 ударяються об поверхню нагрітої деталі, осідають на ній, оплавляються і розпікаються, створюючи рівномірне покриття; деталь виймають з установки; обдувають стиснутим повітрям; проводять термообробку при температурі 110...130°C протягом 5...10 хв. у мастилі; охолоджують на повітрі; виконують механічну обробку, щоб отримати первинні розміри.

Під час газополум'яного напилювання пластмасовий порошок розплавляють у полум'ї спеціальної горілки і розпилують струменем стиснутого повітря установки. Найбільше поширення тут одержали порошки марки УПН-6-63, УПН-7-65, УГПЛ. Цей спосіб напилювання спеціальними марками порошоків ПФН-12 або ТАФ-37 пластмаси застосовують для усунення нерівностей після правки на поверхні кузова за наступною технологією: поверхню кузова очищають від іржі і старої фарби; знежирюють; надають поверхні шорсткість за допомогою електрошліфувальної машини з крупнозернистим кругом або дробоструминною обробкою; підготовлену ділянку поверхні кузова нагрівають до температури 200°C полум'ям газової горілки, для живлення якої використовують ацетилен, який одержують з ацетиленових генераторів, або розчинений ацетилен з балонів, де робочий тиск має бути не нижче 500 Па; включають подачу порошку на установці; виконують напилювання; шліфують поверхню; наносять лакофарбове покриття.

Технологічний процес усунення дефекту на внутрішніх робочих поверхнях деталі циліндричної форми шляхом застосування відцентрового способу скла-

дається з таких операцій: за допомогою токарного верстата усувають сліди зносу на робочій поверхні деталі; знежирюють робочу поверхню; одну із сторін деталі закривають кришкою; кількість епоксидної композиції, необхідну для відновлення внутрішньої робочої поверхні деталі, визначають за формулою

$$Q = k_y \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot h \cdot v, \quad (17.1)$$

де Q – кількість епоксидної композиції;

k_y – коефіцієнт, що враховує усадку композиції під час отвердіння ($k_y = 1,04$)

d – середній діаметр шару епоксидної композиції;

l – довжина відновлюваної поверхні;

h – товщина шару епоксидної композиції;

v – щільність епоксидної композиції.

Визначають частоту обертання відновлюваної деталі навколо своєї осі за формулою:

$$n = \frac{9000}{\sqrt{d_1}}, \quad (17.2)$$

де n – частота обертання;

d_1 – внутрішній діаметр відновлюваної деталі.

Визначену кількість епоксидної композиції заливають у середину деталі; закривають кришкою другу сторону деталі; деталь встановлюють в центрах товарно-гвинторізного верстата; включають привод верстата, який обертає деталь з визначеною частотою обертання, при цьому виникає відцентрова сила, що притискує рідку композицію до внутрішньої поверхні відновлюваної деталі, в результаті чого ця поверхня вкривається рівномірним за товщиною шаром; після повного затвердіння епоксидної композиції привод верстата виключають; деталь знімають з верстата; досягають первинних розмірів шляхом механічної обробки.

17.4.3. Рекомендації з відновлення нерухомих з'єднань підшипників кочення

Відновлення нерухомих з'єднань підшипників за допомогою епоксидних композицій, еластомерів та анаеробних герметиків значно спрощує технологічні процеси, виключає термічний вплив на деталі, знижує трудомісткість і собівартість ремонту транспортних засобів.

Довговічність нерухомих з'єднань залежить від швидкості зносу посадочних місць підшипників кочення. Встановлено, що чим вона менша, тим вища довговічність. Залежність зносу посадочних отворів від напрацювання при його динамічному характері показана на рис. 17.5. Основною причиною зносу посадочних місць підшипників без полімерного покриття є фретинг-корозія, про наявність якої свідчить виділення червоно-бурих продуктів зносу. Довговічність з'єднання під час посадки підшипників із натягом 0,02 мм майже у 2 рази вища, ніж із зазором 0,02 мм.

Характер процесу суттєво змінюється під час посадки підшипників з покриттям розчином герметика 6Ф. Полімерне покриття повністю не допускає металевого контакту з'єднаних поверхонь і перешкоджає розвитку фретинг-корозії, що знижує знос посадочних місць. При напрацюванні до 280 год. знос посадочного отвору виявити не вдалося.

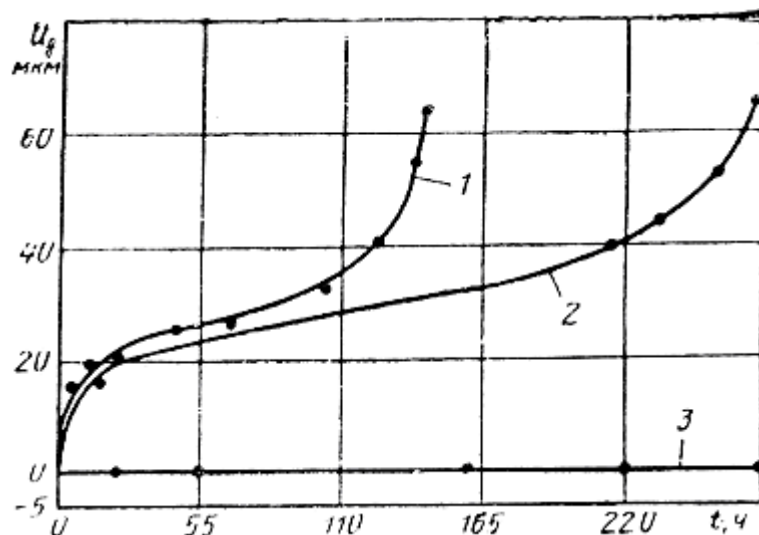


Рис. 17.5 – Графічна залежність зносу посадочних місць отворів U_d від напрацювання для з'єднання:

- 1 – із зазором 0,02 мм;
- 2 – з натягом 0,02 мм;
- 3 – з покриттям розчином герметика товщиною 0,06 мм

Довговічність нерухомих з'єднань залежить від величини зазору до нанесення покриття (рис. 17.6). Стрілки біля точок означають, що зсуву зовнішнього кільця підшипника під час випробувань не виявлено. За граничний стан нерухомого з'єднання прийнято початок провертання кільця підшипника.

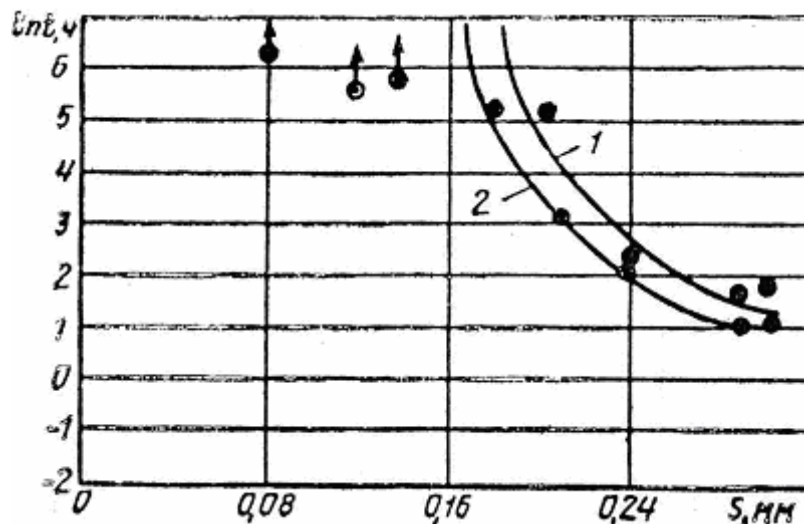


Рис. 17.6 – Графічна залежність довговічності нерухомих з'єднань від величини зазору до нанесення покриття:
1, 2 – покриття розчином герметика бФ і еластомера ГЕН-150 (В)

Зі збільшенням величини зазору перед відновленням довговічність нерухомих з'єднань, які відновлюють за допомогою еластомера ГЕН-150 (В) і герметика бФ, знижується. Тому рекомендують відновлювати нерухомі з'єднання в такій послідовності: спочатку відновлюють з'єднання зовнішнє кільце підшипника – посадочний отвір із зазором менше 0,16 мм і внутрішнє кільце – вал із зазором менше 0,12 мм, а потім нерухомі з'єднання обох типів з величиною сумарного зазору до 0,2 мм.

Нерухомі з'єднання з покриттям з еластомера або герметика складають шляхом запресування з натягом 0,01...0,03 мм за прийнятою на ремонтному підприємстві технологією.

17.4.4. Технологічні процеси відновлення нерухомих з'єднань підшипників кочення

Під час посадки підшипника кочення в корпус складальної одиниці (агрегату) транспортних засобів, наприклад, компресора, тягового двигуна та ін. відбувається деформація підшипника і гнізда корпусу. Тому під час заміни зношеного (непридатного) підшипника на новий спряжені поверхні вже не можуть забезпечити необхідну якість з'єднання.

Їх відновлюють за такою технологією: гніздо корпусу зачищають до металевого блиску; знежирюють ацетоном; сушать протягом 10 хв.; після повторного знежирювання і сушіння на зношену поверхню посадочного гнізда корпусу, наприклад, компресора шпателем наносять рівномірний шар епоксидної композиції складу Г або Д (див. *табл. 17.2*); деталі з епоксидною композицією складу Г витримують протягом 1 год., а із складу Д – протягом 2 год. при температурі 18...20°C (за цей час в'язкість складу значно збільшується, що виключає можливість його стікання з вертикальних поверхонь); корпус встановлюють на плиту 1 (*рис. 17.7*), яка входить до складу кондуктора разом із запресованою в неї втулкою 3 і двома штифтами 2, що прикріплюють корпус 4 до столу радіально-свердлильного верстата; нанесений шар епоксидної композиції формують під номінальний розмір отвору посадочного місця під підшипник в гнізді корпусу компресора за допомогою калібруючої оправки 6, що закріплена в шпинделі радіально-свердлильного верстата; оправку протягують зверху донизу без обертання відносно осі шпинделя, при цьому вона своїм нижнім хвостовиком входить у напрямну втулку 3, що забезпечує паралельність осей отворів. Калібруючу оправку 6 виготовляють із сталі 45, загартовують до твердості HRC 45, а робочу поверхню шліфують. Допуск на виготовлення оправки вибирають з урахуванням усадки епоксидної композиції і товщини шару розподільника, яким його змащують перед формуванням отворів.

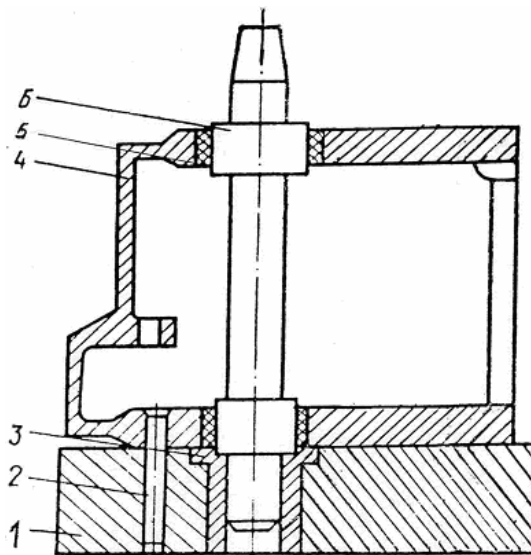


Рис. 17.7 – Схема формування посадочного місця під підшипник у гнізді корпусу компресора:

*1 – плита; 2 – штифт; 3 – втулка; 4 – корпус;
5 – шар епоксидної композиції; 6 – калібруюча оправка*

В якості розподільника застосовують мастило АКЗП-6 або технічний солідол; шар епоксидної композиції 5, що залишився після формування отворів і дозволяє одержати посадочні місця під підшипники номінального розміру, підлягає затвердінню в сушильній шафі. Для цього процес нагрівання проводять за ступеневим режимом: при температурі 60°C витримують 2 год., при температурі 100°C – 1 год., при 150°C – теж 1 год. (якщо застосували склад Д, то отвердіння проходить: при температурі 18...20°C – протягом 5 год., при температурі 60°C – 1,5 год.); корпус компресора охолоджують разом із сушильною шафою; усувають напливи композиції; заміряють діаметри відновлювальних отворів посадочних місць.

Внутрішнє кільце підшипника відновлюють за таким технологічним процесом, застосовуючи відцентровий спосіб: пристрій (рис. 17.8), що складається з корпусу 2, придавлюючої кришки 5 і дозуючого пристрою, до складу якого входять втулка 6 і дозуюча трубка 4 (втулку закріплюють у різцетримачі токарно-гвинторізного верстата, а дозуючу трубку розміщують у втулці таким чином, щоб вона мала змогу повертатись на 180° за допомогою штифтів 7), затискують кулачками патрона 1; у пристрій вставляють внутрішнє кільце і придавлюють

кришкою 5; дозуючу трубку заповнюють розчином еластомера ГЕН-150 (В) на деяку довжину l , яку визначають за формулою

$$l = B + (8 \dots 10), \quad (17.3)$$

де B – ширина кільця, мм.

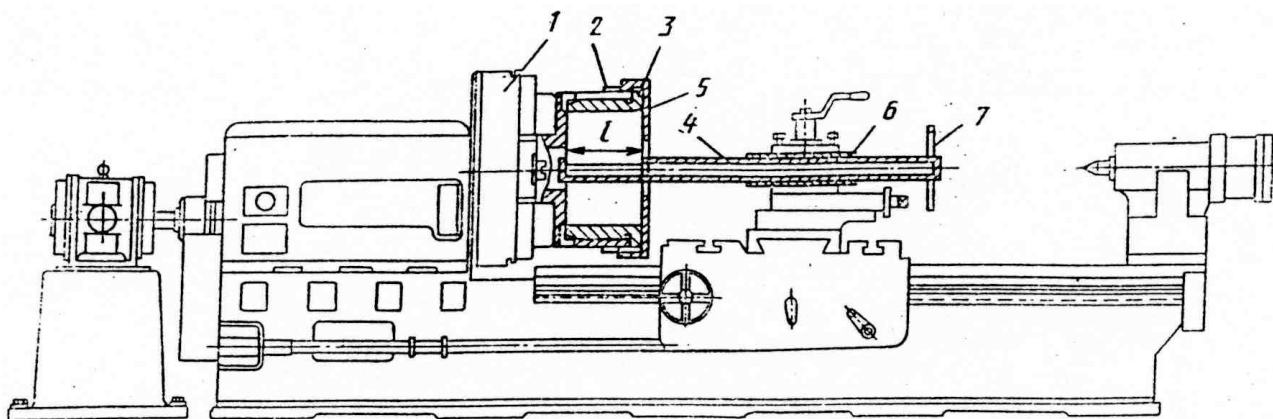


Рис. 17.8 – Схема відновлення внутрішнього кільця підшипника з використанням токарно-гвинторізного верстата

За допомогою графіка (рис. 17.9) приблизно визначають товщину покриття залежно від умовної в'язкості розчину еластомера; за допомогою супорта верстата дозуючу трубку з розчином еластомера вводять у пристрій; включають привод верстата; при досягненні встановленої частоти обертання ($1000 \dots 1500 \text{ хв}^{-1}$) дозуючу трубку повертають на 180° ; розчинений еластомер надходить на відновлювану поверхню внутрішнього кільця; через $3 \dots 4$ хв. виключають привод верстата; кільце із нанесеною плівкою виймають з пристрою; сушать його на повітрі при температурі $18 \dots 20^\circ\text{C}$ протягом 20 хв.; сушать кільце в сушильній шафі протягом 1 год. при температурі $100 \dots 120^\circ\text{C}$; кільце охолоджують; первинних розмірів досягають шляхом механічної обробки.

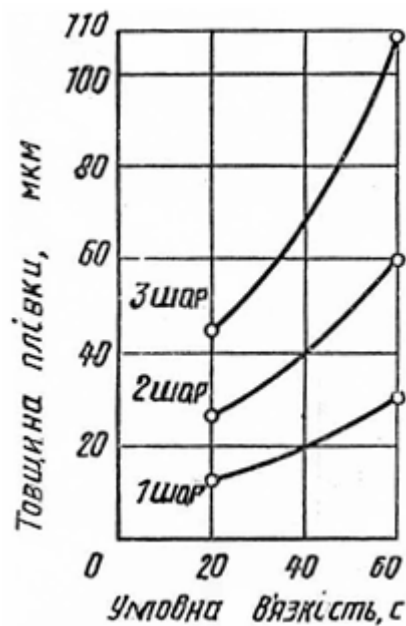


Рис. 17.9 – Залежність товщини покриття еластоміром марки ГЕН-150 (В) від його умовної в'язкості

Технологічний процес фіксації кілець підшипників кочення в корпусі складальної одиниці і на валу включає такі технологічні операції: очищають кільця підшипників і посадочні поверхні в корпусі складальної одиниці і на валу; знежирюють посадочні поверхні і кільця; наносять герметик на кільця і посадочні поверхні за допомогою крапельниці поліетиленового флакону, в якому зберігається герметик; розрівнюють краплі за допомогою щітки, при цьому з'єднуючі поверхні повинні бути повністю змоченими; складають нерухомі з'єднання, встановлюючи вал вертикально, а корпусну деталь – так, щоб посадочні місця під підшипник займали горизонтальне положення; центрують складені деталі за допомогою спеціальних пристроїв; вал обертають на 2...3 оберти, що сприяє усуненню перекосу кілець підшипників і підтікань герметика; з'єднання витримують в нерухомому стані протягом 40 хв., внаслідок чого ускладнюється доступ кисню до клейового шару, що збільшує швидкість полімеризації і анаеробний герметик швидко перетворюється в твердий і міцний полімер; знімають центруючі пристрої.

18. Відновлення властивостей ізоляції обмоток електричних машин і котушок електричних апаратів просочуванням у лаках та компаундах

18.1. Фізична сутність відновлення властивостей ізоляції просочуванням у лаках та компаундах

Електроізоляційні матеріали мають порівняно незначну механічну міцність. Тому найбільш уразливим елементом електричних машин і апаратів є електроізоляційний матеріал (ізоляція) обмоток та котушок. Згідно з ДСТ 8865-58 електроізоляційні матеріали за нагрівальною стійкістю класифікують на класи ізоляції: Y, A, E, B, F, H, C. Для виготовлення обмоток електричних машин та котушок електричних апаратів, якими обладнаний транспортний засіб, застосовують майже всі класи ізоляції.

У процесі експлуатації транспортних засобів під дією температурно-вологового режиму, електромагнітних та електродинамічних сил електроізоляційні матеріали страждають від механічного, хімічного і теплового зносу, розшаровуються, втрачають еластичність і електричну міцність. З метою підвищення теплостійкості, вологостійкості, механічної міцності електроізоляційних матеріалів обмоток електричних машин та котушок електричних апаратів їх просочують у лаках або компаундах залежно від класу ізоляції.

Просочування – це такий технологічний процес, до складу якого включають: технологічний процес завчасного (попереднього) сушіння ізоляції з метою вилучення з неї вологи; особисто просочування, тобто технологічний процес заповнення пор і пустот у матеріалі і проміжків в ізоляції лаками або компаундами; технологічні процеси проміжного і остаточного сушіння ізоляції після просочування лаками для вилучення розчинників і полімеризації твердої основи лаку; технологічний процес лакування і остаточної обробки ізоляції, внаслідок чого ізоляції надають відповідні властивості.

Покращання властивостей ізоляції під час просочування відбувається за рахунок витиснення повітря і вологи з пор і пустот ізоляції і заповнення їх твердою основою лаку або компаундами, що мають більш високу міцність, теплопровідність і склеюють окремі шари ізоляції в єдиний моноліт, захищають від впливу вологи та кисню. Якість просочування визначають ступенем заповнення пор і пустот ізоляції просочуючою речовиною.

18.2. Класифікація просочуючих речовин

До просочуючих речовин відносять електроізоляційні лаки і компаунди. **Електроізоляційний лак** являє собою рідку речовину, яка після висихання створює плівку, що має високі електричні властивості. Основними складовими частинами електроізоляційного лаку є тверда плівкотвірна основа (термореактивна смола) і розчинник, до допоміжних відносять: прискорювачі висихання (сикативи), пластифікатори, стабілізатори і наповнювачі.

У просочувальному лаці знаходиться 55...75% легких речовин, при випаровуванні яких після просочування залишаються канали. Ці канали залишаються і після сушіння. Виявлено, що після одноразового просочування тільки 35...42% об'єму пор і пустот заповнюються твердим діелектриком. Тому застосовують багаторазове (до 5 разів) просочування із сушінням обмоток після кожного просочування. Марку електроізоляційного лаку, технологічний процес просочування встановлюють залежно від конструкції і умов експлуатації обмоток, їх призначення і класу ізоляції. Чим більше число просочувань, тим вищі показники вологостійкості, механічної міцності та інших властивостей обмоток.

Електроізоляційні лаки, які застосовують при просочуванні обмоток електричних машин, класифікують на три види:

– лаки, що твердіють внаслідок окислювальної полімеризації при доступі кисню, що знаходиться в повітрі, тому під час сушіння цих лаків необхідно забезпечити проникнення повітря до внутрішніх частин котушок; до таких лаків відносять масляно-бітумний лак № 447, водноемультсійний лак № 321Т, масляно - гліфталевий лак ГФ-95 і ін.;

– лаки, що твердіють внаслідок термореактивної полімеризації, тому під час сушіння достатньо забезпечити наявність тепла (бажано в першу чергу до внутрішніх частин котушок); до таких лаків відносять лаки АФ-17, ФЛ-98, БТ-98;

– лаки, що твердіють внаслідок теплової поліконденсації або каталітичної полімеризації – кремнійорганічні лаки; під час сушіння необхідне нагрівання; до таких лаків відносять лак КО-916К.

Компаунди являють собою сплави бітумів (продуктів переробки нафти), які готують за спеціальною технологією, зневодненого (полімеризованого) лляного масла і каніфолі. Додавання до бітуму лляного масла підвищує термореактивність (теплостійкість), морозо-

стійкість і зменшує хрупкість компаунда. Каніфоль збільшує клейкість і текучість компаунда і сприяє більш швидкому висиханню масла.

Компаундування є більш досконалим процесом просочування у порівнянні з просочуванням в лаках як з точки зору якості, так і за продуктивністю внаслідок того, що, по-перше, розплавлений компаунд, проникаючи в пори і пустоти ізоляції, повністю заповнює їх і не створює пустот під час охолодження і твердіння; по-друге, для затвердіння компаунда досить охолодити котушку і відпадає необхідність застосовувати сушіння; по-третє, просочені в компаунді котушки не мають пор, вони монолітні і характеризуються більш високою вологостійкістю, теплопровідністю, діелектричними властивостями і механічною міцністю порівняно з котушками, просоченими в лаках.

Застосування компаундування обмежується, по-перше, через складність обладнання, по-друге, пластичність компаундів при високій температурі, що не дозволяє їх застосовувати під час просочування обертових якірних обмоток електричних машин і котушок електричних апаратів, які працюють при високій температурі.

Компаунди, які застосовують для просочування котушок електричних апаратів, класифікують на:

– компаунди термореактивні, що твердіють внаслідок термореактивної полімеризації; до них відносять поліефірні типу КП, поліефірно стиролові типу КГСМ-1, метакрилові типу МБК, епоксидні та ін.;

– компаунди термопластичні, що твердіють під час охолодження; до них відносять бітумний компаунд на основі нафтового бітуму типу БН-У.

18.3. Сушіння просочених обмоток

Завчасне, проміжне й остаточне сушіння просочуваних обмоток виконують, як правило, в електричних печах (рис. 18.1) з регулюючою приточно - витяжною вентиляцією. Електрична піч являє собою камеру 1 з добротною теплоізоляцією. Вхідний отвір її закривають плитою 2, піднімання і опускання якої виконують тросом через систему блоків.

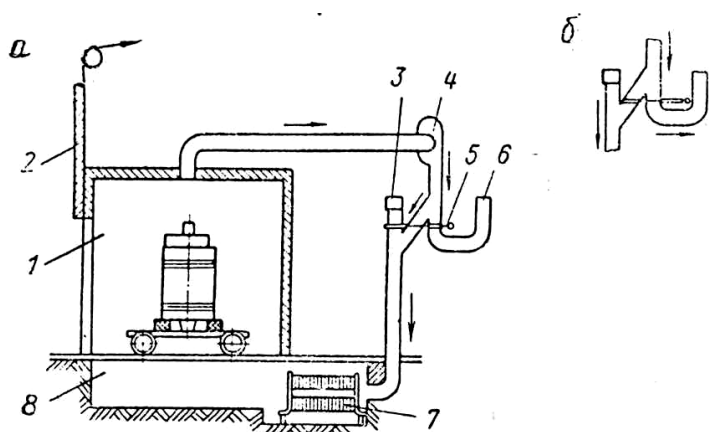


Рис. 18.1 – Схема електричної печі для сушіння обмоток електричних машин

Під час сушіння обмоток дотримуються жорстких вимог до вентиляції робочого об'єму печі, запобігаючи вибухонебезпечної концентрації парів розчинника. Тому електричну піч обладнують насосом-вентилятором 4 і системою заслінок, що дозволяє створювати в ній приточно-витяжну, замкнену або змішану системи циркуляції повітря. З метою економії електричної енергії сушіння проводять із замкненою системою циркуляції повітря за схемою, поданою на *рис. 18.1, а*. Але повітря в печі, що насичене парами води і розчинником лаку, періодично треба поновлювати. Для цього заслінки в трубах вентиляційної системи встановлюють в положення, показані на *рис. 18.1, б*. При цьому через фільтр 3 в піч затягують чисте повітря, а насичене повітря вилучають за межі цеху через випускную трубу 6. Зовнішнє повітря надходить до печі через фільтр 3 і попадає в теплообмінник 8, де підігрівається за допомогою електронагрівальних елементів 7. Підігріте повітря надходить до сушильної камери 1, куди через вхідний отвір по рейках за допомогою спеціального візка подають об'єкти сушіння (якорі, остови двигунів з обмотками або окремо в корзинах обмотки і котушки).

Завдання сушіння визначається його призначенням. Так, завчасне сушіння з метою інтенсифікації процесу проводять при температурах, що максимально допустимі за умови звуглювання ізоляції. Сирі обмотки спочатку сушать при зниженій температурі, щоб запобігти спучуванню ізоляції парами води. Під час проміжного і остаточного сушіння обмоток вилучають з лаку розчинник і сприяють полімеризації (твердінню) лаку. Тому спочатку обмотки сушать при температурі

70...80°C. При цій температурі непогано вилучаються летучі речовини і в той же час не виникає їх бурхливе випаровування, яке може призвести до часткового витіснення лаку з пор і капілярів ізоляції. Високу температуру на перших порах не піднімають ще й тому, щоб не допустити утворення на поверхні обмотки кірки, яка перешкоджає вилученню летких речовин з нижніх шарів ізоляції. У перший час сушіння вентиляційну систему регулюють так, щоб все повітря з камери печі виходило за межі цеху через випускну трубу б. Робота печі в режимі замкнутої системи циркуляції повітря із частковим доповненням свіжого повітря допускається тільки при застосуванні парових, масляних і герметичних електрокалориферів і не раніше ніж через годину після початку сушіння із завчасним продуванням камери печі за допомогою вентилятора, що системно зв'язаний з випускною трубою б.

Під час сушіння обмоток полімеризації (твердіння) лаку досягають шляхом підвищення температури в камері печі до величини, що максимально допустима згідно з умовами теплового руйнування ізоляційних матеріалів: 120...130°C – для ізоляції класу А, 150...160°C – для ізоляції класу В і 190...200°C – для кремнійорганічної ізоляції.

Температурний режим в камері печі впливає на тривалість сушіння. Крім того, тривалість сушіння залежить від кількості в ізоляції вологи, розмірів і форми обмоток, складу (структури) ізоляції, швидкості циркуляції повітря в системі вентиляції, теплоємності осердя (якоря або остова двигуна під час сушіння обмоток) та інших факторів. Тому в кожному окремому випадку її визначають експериментально і контролюють шляхом періодичного виміру опору ізоляції і температури обмотки. За результатами цих вимірів визначають залежність температури t і опору R ізоляції обмотки від тривалості τ сушіння (рис. 18.2). Період сушіння складається з двох етапів: по-перше, нагрівання обмоток, коли температура їх поступово зростає до тих пір, поки не досягне в точці А встановленого значення. На цьому етапі опір ізоляції обмоток зменшується і в точці В досягає мінімального значення; по-друге, особисто сушіння, при якому опір ізоляції поступово збільшується, поки не досягне встановленого значення в точці С. Ця точка визначає момент закінчення процесу сушіння.

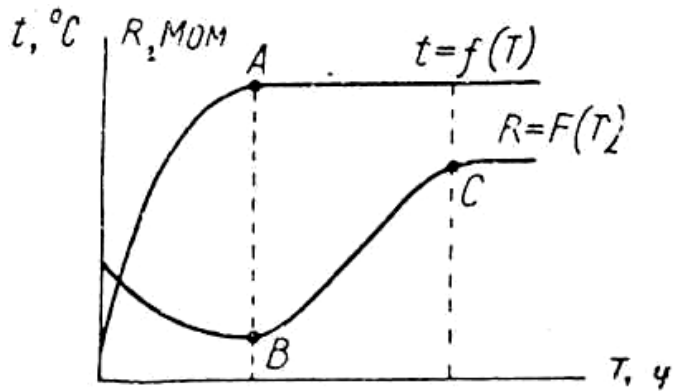


Рис. 18.2 – Залежність температури і опору ізоляції обмотки від тривалості сушіння

18.4. Класифікація методів просочування

Якість просочування обмоток електричних машин характеризується глибиною проникнення лаку в ізоляцію при його значній в'язкості. Глибина проникнення лаку, в свою чергу, залежить від методу просочування.

У ремонтному виробництві транспортних засобів застосовують такі методи просочування:

- просочування зануренням у ванну з лаком при атмосферному тиску;
- просочування зануренням у ванну з лаком при атмосферному тиску із наступним підвищенням тиску повітря (просочування під тиском). Різновидом цього методу є просочування циклічним (тренувальним) режимом з чергуванням у ванні надмірного і атмосферного тиску;
- вакуумно-нагнітальне просочування із заливанням обмоток лаком під вакуумом і створенням після цього надмірного тиску у ванні з лаком. Різновидом цього методу є вакуумно-нагнітальне просочування циклічним (тренувальним) режимом із чергуванням вакууму і надмірного тиску.

Зануренням при атмосферному тиску можна із задовільними результатами просочувати обмотки електричних машин і котушок електричних апаратів, які намотані дротом значного діаметра з невеликим числом витків.

Просочення зануренням багатовиткових обмоток і котушок дає погані результати, бо лак не проникає до внутрішніх витків. На *рис. 18.3* показана ванна з пневматичним приво-

дом для відкривання і закривання кришки, куди опускають відокремлені від осердя і укладені в корзини обмотки або котушки і де якорі встановлюють колектором вверху. Потім заливають лаком на 15 хв. Зовнішньою орієнтирною ознакою закінчення просочування може служити відсутність виділення бульбашок повітря на поверхні лаку.

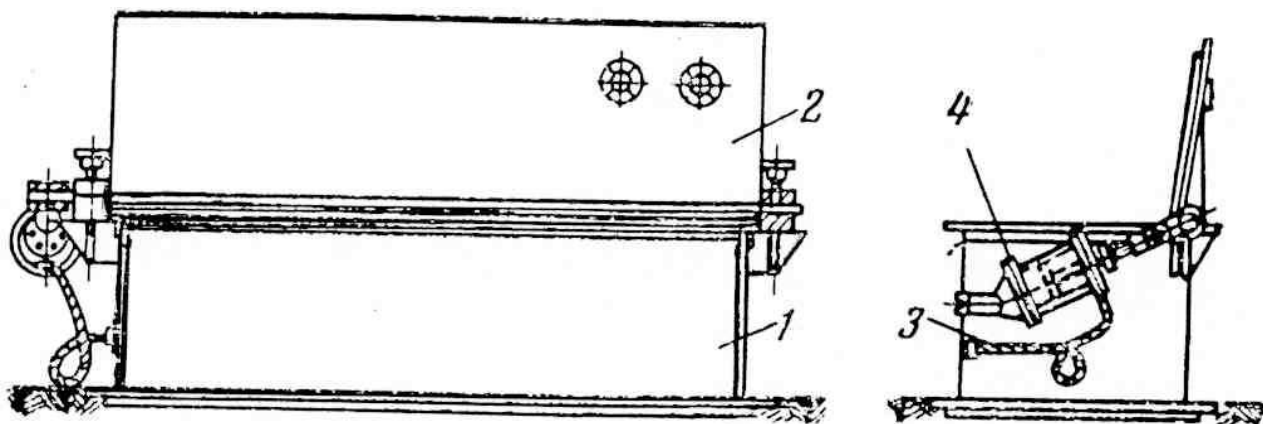


Рис. 18.3 – Ванна для просочування зануренням при атмосферному тиску:
 1 – ванна; 2 – кришка; 3 – повітропровід; 4 – пневматичний циліндр.

На рис. 18.4 показана схема установки для просочування в остові двигуна одночасно обмоток основних і допоміжних полюсів без демонтажу. При цьому після завчасного сушіння гарячий остов встановлюють на щит 5 з повстяною прокладкою 4. Положення остова на щиті центрують порожнистим циліндром 2, призначенням якого є зменшення кількості лаку, який подають до остова під час просочування. Вентиляційні отвори остова закривають кришками 3 на повстяних прокладках. Подавання лаку до остова із ванни 6 відбувається за рахунок стиснутого повітря. Обмотки витримують в лаці до повного припинення виділення бульбашок повітря, але не менше 15 хв. Після цього стиснуте повітря випускають і лак знову спускають у ванну 6. При необхідності заміни лаку його спускають у ванну 1. Після закінчення просочування лак стікає 10...15 хв. Перед остаточним сушінням всю поверхню остова крім обмоток витирають змоченою в розчиннику (бензин, уайт-спірит) ганчіркою.

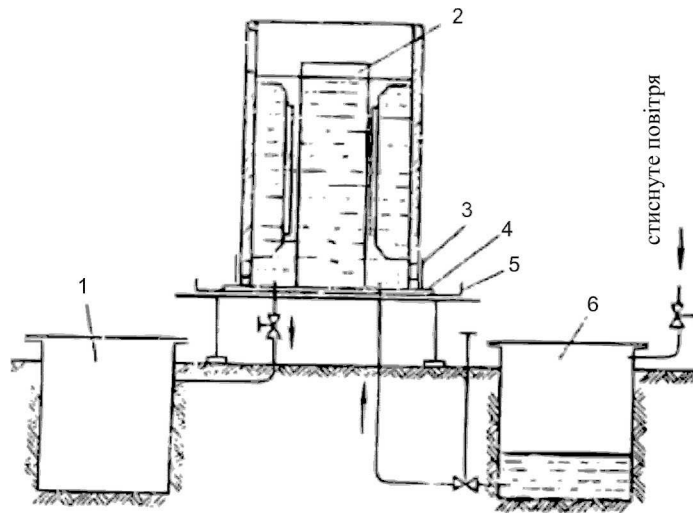


Рис. 18.4 – Схема установки для просочування обмоток в остові двигуна

Просочення зануренням у ванні з лаком при атмосферному тиску завдяки простоті обладнання має широке застосування, але не може бути досконалим, бо для одержання глибокого просочування необхідно застосовувати малов'язкі лаки. Крім того, ізоляція повинна підлягати багаторазовому просочуванню з проміжними сушіннями після кожного просочування, що збільшує технологічний цикл.

Просочування під тиском потребує більш складного обладнання. Його виконують в автоклавах (рис. 18.5) з герметично закритою кришкою.

Обмотки після завчасного сушіння завантажують в автоклав, заливають лаком і створюють надмірний тиск близько 0,5...0,7 МПа (5...7 бар), що сприяє більш глибокому проникненню лаку в пори і пустоти ізоляції, підвищуючи якість і прискорюючи процес просочування. Основна перевага просочування під тиском полягає в тому, що вона дозволяє використовувати більш в'язкі лаки, забезпечуючи в той же час глибоке проникнення їх в ізоляцію. Завдяки цьому скорочується необхідна кількість просочувань, оскільки лак підвищеної в'язкості забезпечує більш повне заповнення пор і пустот в ізоляції твердими компонентами.

Ще більший ефект досягають, застосовуючи циклічний (тренувальний) режим просочувань з чергуванням в автоклаві атмосферного і надмірного тиску повітря.

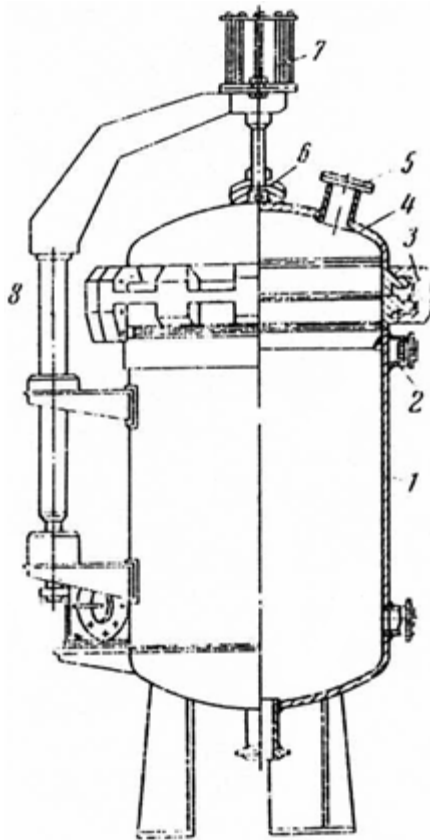


Рис. 18.5 – Автоклав з байонетним затвором для просочування обмоток лаком під тиском:

1 – корпус; 2 – патрубок для приєднання джерела стиснутого газу;
 3 – кільце байонетного затвору; 4 – кришка; 5 – патрубок з оглядовим
 склом; 6 – патрубок з електричною лампочкою для освітлення; 7 – циліндр;
 8 – механізм повороту

Вакуумно-нагнітальне просочування складається із заливання обмоток лаком під вакуумом і утворення після цього надмірного тиску в автоклаві з лаком. Воно є більш досконалим, ніж просочування під тиском. Це можна пояснити тим, що утворення завчасного вакууму (залишковий тиск 133...8000 Па, тобто від 1 до 60 мм рт. ст.) забезпечує майже повне усунення із пор і пустот ізоляції всіх газів, а надмірний тиск (0,3...0,8 МПа), що створюється після заливання обмоток лаком під вакуумом, забезпечує примусове глибоке проникнення лаку в ізоляцію. Такий режим роботи називають *тренувальним* або *циклічним*.

На рис. 18.6 поданий графік роботи вакуумно-нагнітальної установки просочування обмоток. Установки, в яких виконують циклічне (тренувальне) просочування під вакуумом і тиском, називають *вакуумно-сушильно-просочувальними*. Інколи їх називають вакуумно-нагнітально-просочувальними.

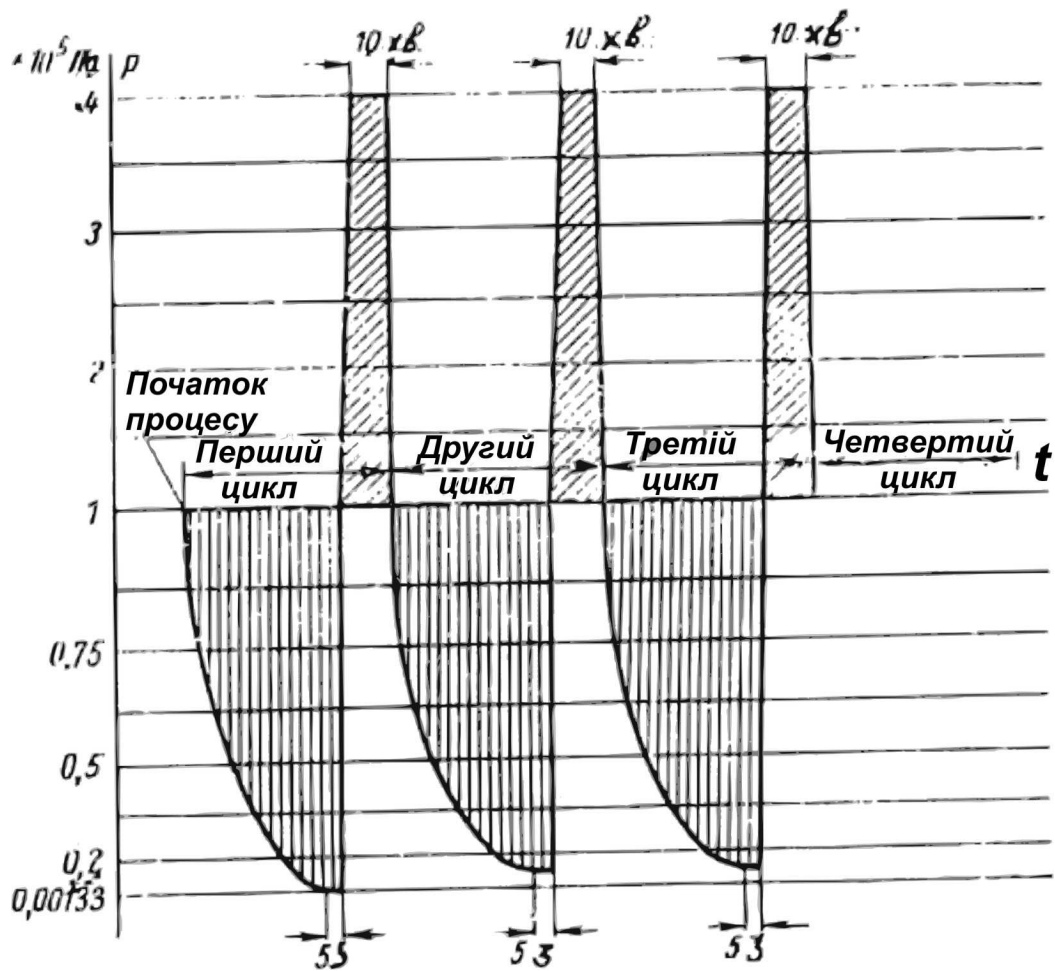


Рис. 18.6 – Графік, що ілюструє циклічний (тренувальний) режим роботи вакуумно-нагнітальної установки просочування обмоток

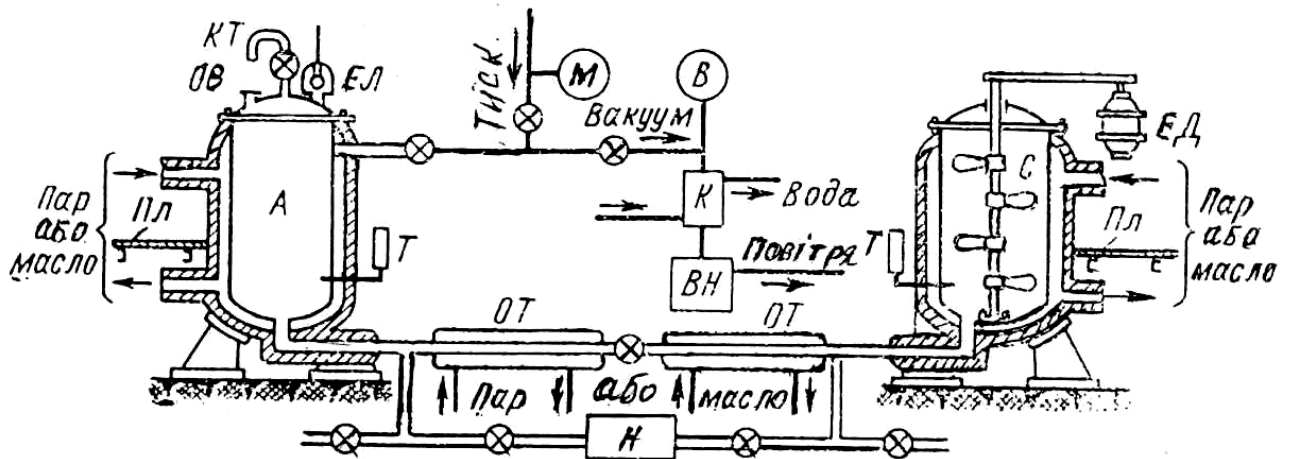


Рис. 18.7 – Схема вакуумно-нагнітальної установки просочування обмоток з одним просочувальним автоклавом:

A – просочувальний автоклав; *C* – змішувальний автоклав; *КТ* – контрольна трубка; *ОВ* – оглядове вікно; *ЕЛ* – електролампа; *Т* – термометр; *М* – манометр; *В* – вакуумметр; *К* – конденсаційна колонка; *ВН* – вакуумнасос; *ОТ* – обігрівач трубопроводу; *Н* – насос для перекачування лаку; *ЕД* – електродвигун мішалки; *Пл* – майданчик для обслуговуючого персоналу

Режим сушіння і просочування, тобто температура, ступінь розрідження, надмірний тиск, витримка часу (тривалість) встановлюють у кожному конкретному випадку, враховуючи конструкцію обмотки, застосований просочуючий склад та інші умови.

У вакуумно-сушильно-просочувальних установках здійснюють також просочування котушок електричних апаратів у компаундах. Тому такі установки називають ще компаундними. Відмінності в схемах і конструкціях елементів установок визнають незначними.

На *рис. 18.8* наведена схема компаундної установки з двома просочувальними автоклавами. Для підігрівання автоклавів застосовують пар, перегрітий до 300°C з тиском $1 \dots 1,5$ МПа. Крім пару як теплоносії використовують мінеральне масло. Робочий простір автоклавів з'єднують трубопроводами з вакуум-насосом 9 і компресором 6. Усі автоклави з'єднані між собою маслопроводом 12, по якому компаундну масу переміщують із змішувальних автоклавів у просочувальні, а після закінчення компаундування із просочувальних автоклавів у змішувальні.

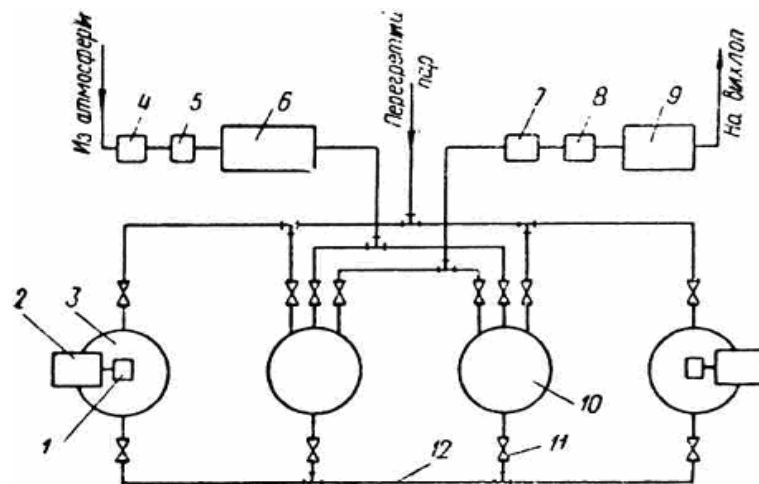


Рис. 18.8 – Схема компаундної установки з двома просочувальними автоклавами:

- 1 – редуктор; 2 – електродвигун мішалки; 3 – змішувальний автоклав;
 4 – повітряний фільтр; 5 – калорифер; 6 – компресор; 7 – масловіддільник;
 8 – конденсатор; 9 – вакуум-насос; 10 – компаундні просочувальні автоклави;
 11 – вентилі; 12 – мастилопровід.

18.5. Типовий технологічний процес просочування обмоток полюсів

Під час капітального ремонту електричних машин просочування обмоток головних і додаткових полюсів, які виготовлені з ізоляцією класу В, виконують в термореактивному лаці ФЛ-98. Обмотки з кремнійорганічною ізоляцією просочують в лаці КО-916К.

Сушіння і просочування в термореактивному лаці ФЛ-98 виконують в такій технологічній послідовності: складають обмотки в корзині рядами плазом, залишаючи між обмотками проміжок для проходження лаку; завантажують корзину з обмотками до автоклава з байонетним затвором і закривають кришку; включають паропровідну систему і сушать обмотки при атмосферному тиску і температурі 100...110°C протягом 5 год.; виключають паропровід і знижують температуру до 60...70°C; створюють вакуум не менше 0,05 МПа і, не знижуючи величини вакууму, заповнюють автоклав лаком; витримують обмотки в лаці до припинення виділення бульбашок повітря, але не менше 10 хв.; спускають лак з автоклава і дають змогу витікати усім залишкам лаку; збільшують тиск до атмосферного (тобто знімають вакуум); включають паропровідну систему і сушать обмотки при температурі 100...110°C протягом 8 год.; вивантажують корзину з обмотками; охолоджують обмотки до температури 20°C; з контактних поверхонь обмоток вилучають залишки лаку; зовнішні поверхні обмоток фарбують емаллю КО-911 і маркують.

Просочування обмоток в лаці КО-916К виконують вакуумно-нагнітальним способом в такій послідовності: обмотки в корзині складають рядами плазом; між рядами прокладають прокладки з азбоцементу товщиною 30...40 мм; завантажують корзину в сушильну піч з температурою 110...130°C; сушать протягом 6 год.; вивантажують корзину з обмотками з печі; охолоджують до температури 70...80°C; завантажують корзину з обмотками до автоклава; створюють вакуум не менше 0,07 МПа; витримують протягом 20 хв.; відкривають кран і, не підвищуючи тиск, наповнюють автоклав лаком; закривають крани, які з'єднують автоклав з вакуум-насосом і змішувальним автоклавом; накачують насосом лак в автоклав до заповнення всього об'єму; підвищують гідростатичний тиск в автоклаві до 0,6...0,8 МПа; витримують обмотки під тиском протягом 30 хв.; випускають лак з автоклава і дають можливість витікати залишкам лаку; відкривають кришку автоклава; вивантажують корзину з обмотками; завантажують корзину з обмотками в сушильну піч з температу-

рою 180...190°C; сушать протягом 20 год.; вивантажують корзину з обмотками з печі; охолоджують до температури 20°C; з контактних поверхонь обмоток вилучають залишки лаку; зовнішні поверхні обмоток фарбують емаллю КО-911 і маркують; витримують на повітрі 6...8 год.; в корзині складають обмотки рядами плазом; завантажують корзину в сушильну піч з температурою 120...130°C; сушать до зникнення відліплювання, поверхня обмоток при цьому повинна бути глянцевою без патьоків лаку, зморшок і пошкоджень ізоляції.

Після відновлення полюсні обмотки підлягають контрольній перевірці на відсутність міжвиткових коротких замикань, а також визначають омичний опір цих обмоток в холодному стані, розміри й електричну міцність ізоляції.

18.6. Типовий технологічний процес просочування якірних обмоток

Після перемотування якірної обмотки з накладеними бандажами із склобандажної стрічки вона підлягає сушінню і просочуванню. Просочування якірних обмоток виконують у лаці ФЛ-98 для електричних машин з ізоляцією класу В, а в лаці КО-916К – для якірних обмоток з ізоляцією класу Н і F, тобто з кремнійорганічною ізоляцією.

Просочування якірних обмоток в лаці ФЛ-98 виконують в такій технологічній послідовності: якір завантажують до автоклава з байонетним затвором і закривають кришку; включають паропровідну систему і сушать якір при атмосферному тиску і температурі 100...110°C протягом 4 год.; створюють вакуум не менше 0,05 МПа; якір сушать під вакуумом протягом 6 год. (якорі допоміжних машин сушать відповідно при атмосферному тиску 2 год. і 5 год. – під вакуумом); виключають паропровід і знижують температуру якоря до 60...70°C; не знижуючи величину вакууму, заповнюють автоклав до рівня, який нижче рівня “півників” на 5 мм; видержують якір в лаці до припинення виділення бульбашок повітря, але не менше 15...20 хв.; спускають лак з автоклава і дають можливість витекти залишкам лаку; сушать після першого просочування під вакуумом при температурі 100...110°C протягом 2 год.; вивантажують якір з просочувального автоклава; чистою ганчіркою, змоченою в суміші ксилолу і уайт-спіриту, витирають кінці вала, колектор, натискні шайби; встановлюють якір колектором вгору в автоклав з індукційним нагріванням; сушать при температурі 130...180°C і при атмосферному тиску протягом 6 год.; створюють вакуум не менше

0,5 МПа; сушать під вакуумом протягом 1 год.; вивантажують якір з автоклава; охолоджують до температури 18...20°C; направляють якір для статичного або динамічного балансування. Якір підлягає контрольним випробуванням: зовнішній огляд, вимірювання биття і діаметра робочої поверхні колектора, вимірювання омичного опору обмотки якоря, перевірка відсутності коротких замикань, вимірювання значення опору ізоляції, перевірка електричної міцності.

Якщо якірна обмотка перемотувалась, якір підлягає повторному просочуванню за наведеною технологією, завчасно після сушіння охолодивши її до температури 60...70°C.

Після другого просочування якір сушать протягом 2 год. під вакуумом при температурі 100...110°C, а потім перевантажують з просочувального автоклава до автоклава з індукційним нагріванням і сушать протягом 11 год. при температурі 130...160°C і атмосферному тиску і під вакуумом – 1 год.

Просочування якоря з кремнійорганічною ізоляцією в лаці КО-916К виконують в такій послідовності: встановлюють якір вертикально в автоклав з індукційним нагріванням; сушать протягом 2...5 год. при атмосферному тиску і температурі 100...105°C; продовжують сушити протягом 12...14 год. під вакуумом 0,87...1 МПа і при тій же температурі; завантажують якір у просочувальний автоклав; створюють надмірний тиск; витримують в лаці при цьому тиску протягом 30...45 хв.; якір після першого просочування сушать в три етапи: для усунення розчинника його підігрівають до температури 60...70°C і сушать протягом 3 год. під вакуумом; знижують вакуум і підігрівають якір до температури 100...110°C; встановлюють вакуум 0,093...0,1 МПа і сушать протягом 3 год. На останньому етапі лакову плівку запікають при атмосферному тиску і температурі 190...200°C протягом 10...12 год.

Якщо потрібне друге просочування, останній етап сушіння якоря виконують в такій послідовності: сушать під вакуумом при температурі 105...110°C протягом 3...6 год. Друге просочування здійснюють за технологією аналогічною першій.

Після усунення залишків лаку якір сушать, вкривають емаллю КО-911, і направляють для контрольного випробування.

18.7. Типовий технологічний процес компаундування котушок електричних апаратів

Технологічний процес компаундування складається з підготовчих операцій, завантаження котушок в автоклав, сушіння котушок, заповнення автоклава масою, просочування котушок, випуску маси з автоклава, вивантаження котушок, заключних операцій.

Режим компаундування підбирають так, щоб в одному автоклаві здійснювалось вакуумне сушіння, а в другому в цей же час – просочування котушок. Перед завантаженням в автоклав самі котушки, а також їх вивідні кабелі і накопичувачі обмотують в один шар з незначним перекриванням бавовняною стрічкою.

Для попередження пошкодження гумову ізоляцію вивідних кабелів змащують касторовим маслом. Після тимчасового бандажування котушки укладають у спеціальні корзини так, щоб був забезпечений доступ маси до всіх котушок, і кран-балкою завантажують в автоклав.

До закінчення сушіння котушок у змішувальному автоклаві повинна бути підготовлена компаундна маса. Для цього її завантажують у змішувальний автоклав порціями і додають в міру розплавлення до заповнення всього корисного об'єму автоклава. Впуск компаундної маси до автоклава виконують під вакуумом, тобто під час роботи вакуум-насоса, при цьому подачу маси регулюють так, щоб вакуум в автоклаві був не меншим, ніж 0,04 МПа. Тому впуск маси – процес довгий, він може тривати кілька годин. Протягом всього цього часу продовжують працювати мішалки змішувального автоклава і система обігрівання.

Після остаточного встановлення рівня просочуючого складу і припинення його вспінання протягом 15...20 хв. підвищують тиск в автоклаві до 0,6...0,8 МПа, після чого витримують його протягом часу, що передбачено технологічним процесом. Заміна вакууму тиском забезпечує примусове глибоке проникнення маси в пори і порожнечі ізоляції. Застосовують і циклічні (тренувальні) режими з чергуванням атмосферного і надмірного тисків. Закінчивши

просочування, обережно частинами переганяють масу з просочувального автоклава у змішувальний, продувають мастилопровід і дають можливість витекти залишкам маси з котушок. Потім котушки вивантажують, розміщують на спеціальних підставках і одразу, поки вони не охолонули (при температурі близько 50°C) знімають з них тимчасову бавовняну стрічку. Контрольні операції завершують технологічний процес.

19. Застосування лакофарбового покриття в ремонтному виробництві транспортних засобів

19.1. Загальні поняття про лакофарбові матеріали і покриття

Лакофарбові матеріали представляють собою багатокомпонентні суміші (сполуки), які під час нанесення їх тонким шаром (30...100 мкм) на поверхню виробу створюють лакофарбове покриття.

Основними компонентами таких матеріалів служать плівкоутворювальні речовини, розчинники і пігменти. Крім того, до їх складу можуть входити пластифікатори, сикативи, наповнювачі й розріджувачі.

Плівкоутворювальні речовини сприяють склеюванню частинок пігментів і наповнювачів і створенню тонкої плівки, яка міцно прилипає до поверхні виробу. В якості плівкоутворювальних речовин застосовують оліфи, природні й синтетичні смоли, бітуми, асфальтени і ефіри.

Залежно від хімічного складу лакофарбові матеріали розподіляють на 42 основні групи у відповідності з ДСТ 9825-73: перхлорвінілові – ХВ, пентафталеві – ПФ, гліфталеві – ГФ, алкідно-акрилові – АС, сополімерно-акрилові – АК, нітроцелюлозні – НЦ, фенольні – ФЛ, меламінові – МЛ, алкілно- і масляно-стирольні – МС, епоксидні – ЕП, поліуретанові – УР, кремнійорганічні – КО, бітумні – БТ та ін.

Розчинники – рідини, які використовують для розбавлення лакофарбових матеріалів до стану, який придатний для нанесення на поверхню деталі. До них відносять уайт-спірит, сольвент, бензол, толуол, ксилол, ацетон, спирт, бензин, а

також багатокомпонентні розчинники, що являють собою суміш окремих розчинників з переважною кількістю одного з них. Наприклад: розчинник РС-2 містить 70% по масі уайт-спіриту і 30% ксилолу; розчинник №646 – 10% бутилацетату, 8% етилцелосольва, 7% ацетону, 15% бутилового спирту, 10% етилового спирту і 50% толуолу.

Пігменти – це тонкоподрібнені кольорові неорганічні речовини, що не розчиняються у воді, розчинниках і плівкоутворювальних речовинах і здатні створювати з плівкоутворювальними речовинами лакофарбові покриття. Їх добувають до лакофарбових матеріалів для надання їм певного кольору, підвищення міцності й адгезії (прилипання) лакофарбового покриття.

За виникненням пігменти ділять на природні, синтетичні й металеві. Природні пігменти (мумія коричнева, охра, залізний сурик, сієна, умбра коричнева та ін.) одержують шляхом подрібнення та збагачення гірських порід і мінералів з наступною термічною обробкою. Синтетичні пігменти (свинцеві білила, цинкові білила, зелень свинцева, кобальт синій, свинцевий сурик, оксид хрому та ін.) створюються в результаті складних технологічних процесів. Металеві пігменти (золотиста бронза, алюмінієва пудра, цинкова пудра, мідний порошок та ін.) представляють собою тонкоподрібнені порошки кольорових металів і їх сплавів.

Пластифікатори – речовини, які додають у лакофарбові матеріали для підвищення еластичності покриттів. Для пластифікації плівкоутворювальних речовин, виготовлених на синтетичних смолах, використовують дібутилфталат, діметилфталат і діетилфталат.

Сикативи – речовини, що прискорюють процес висихання лакофарбового покриття. Наприклад, нафтові рідкі сикативи марок НФ-1...НФ-8, що являють собою прозорі розчини в органічному розчиннику солей важких металів (марганець, свинець, кобальт), дистильованих нафтових кислот, прискорюють процес висихання масляних лаків, емалевих і масляних фарб.

Наповнювачі – порошкоподібні неорганічні речовини (крейда, баритовий концентрат, каолін, білила та ін.), що не розчиняються у воді, розчинниках і

плівкоутворювальних речовинах і додаються до лакофарбових матеріалів для підвищення міцності й зниження вартості покриттів.

Розріджувачі – речовини, які застосовують для розрідження лакофарбових матеріалів, що загустіли під час збереження, а також для доведення їх до необхідної в'язкості.

До основних видів готових лакофарбових матеріалів згідно з ДСТ 9825-73 відносять: лак, фарбу, порошкову фарбу, емаль, ґрунтовку, шпаклівку і напівфабрикований лак.

Лак – розчин плівкоутворювальних речовин в органічних розчинниках або у воді, що створює після висихання тверду прозору однорідну плівку (за винятком бітумних лаків, які утворюють після висихання непрозору плівку).

Фарба – суспензія пігменту або суміші пігментів з наповнювачами в оліфі, маслі, емульсії, латексі, яка створює після висихання непрозору однорідну плівку.

Порошкова фарба – суха композиція плівкоутворювальної речовини з пігментами і наповнювачами, що утворює після сплавлення, охолодження і затвердіння тверду непрозору плівку.

Емаль – суспензія пігменту з наповнювачами в лаці, що утворює після висихання непрозору тверду плівку з різним блиском і фактурою поверхні.

Ґрунтовка – суспензія пігменту або суміші пігментів з наповнювачами в плівкоутворювальній речовині, що утворює після висихання непрозору однорідну плівку з гарною адгезією до поверхні деталі і верхнім шаром лакофарбового покриття і призначена для підвищення її захисних властивостей.

Шпаклівка – суспензія суміші пігментів з наповнювачами в плівкоутворювальній речовині, яку використовують для заповнення нерівностей і згладжування (вирівнювання) поверхні, яка підлягає нанесенню лакофарбового покриття.

Згідно з призначенням основні лакофарбові матеріали (лаки, емалі, фарби) діляться на такі групи: 1 – атмосферостійкі, 2 – обмежено атмосферостійкі, 3 – консерваційні, 4 – водостійкі, 5 – спеціальні, 6 – маслобензостійкі, 7 – хіміч-

но стійкі, 8 – термостійкі, 9 – електроізоляційні, 10 – електропровідні.

Під час утворення основного лакофарбового матеріалу вказують: вид матеріалу (лак, фарба, емаль, ґрунтовка, шпаклівка), плівкоутворювальна речовина (МА, ПФ, ТФ, НЦ та ін.), номер групи переважного призначення, присвоєний матеріалу порядковий номер, колір і т.д. Наприклад: емаль ПФ-133-пентафтальова (ПФ) емаль, атмосферостійка (1), реєстраційний номер (33); ґрунтовка ГФ-021-гліфтальова (ГФ) ґрунтовка (0), реєстраційний номер (21); шпаклівка НЦ-008-нітроцелюлозна (НЦ) шпаклівка (00), реєстраційний номер (8).

Лакофарбові покриття, які застосовують для транспортних засобів, майже завжди складаються із шару ґрунтовки, шпаклівки і одного або декількох шарів емалі чи фарби.

19.2. Фізична сутність нанесення лакофарбового покриття

Лакофарбове покриття в ремонтному виробництві застосовують для захисту деталей і складальних одиниць транспортних засобів від дії зовнішнього агресивного середовища, високочастотних коливань, механічної дії піску й пилу, а також для надання їм потрібного декоративного вигляду. Дія основних факторів зовнішнього середовища спричиняє виникнення і подальший розвиток корозії металевих і гниття дерев'яних деталей. Щоб забезпечити надійний захист деталей, це покриття повинно мати стійкість проти атмосферного впливу і сонячних променів, механічну міцність і еластичність, рівну й гладку поверхню, оскільки до такої поверхні значно менше прилипає грязь і пил.

Вимоги до нанесення лакофарбового покриття транспортних засобів розділяють на три групи. За складом технологічних операцій найбільш важким і трудомістким є нанесення лакофарбового покриття на зовнішню поверхню кузова, до якого висувають особливо високі вимоги щодо зовнішнього виду й стійкості до різних впливів. Менш високі вимоги ставляться до нанесення лакофарбового покриття на внутрішню поверхню кузова, бо вона знаходиться у більш сприятливих умовах. До лакофарбового покриття решти обладнання пред'являють тільки вимоги, пов'язані з корозійною стійкістю.

Перераховані завдання вирішують шляхом вибору лакофарбового матеріалу та рете-

льного виконання технологічного процесу. Так, для міцного зчеплення лакофарбної плівки з поверхнею деталі, що фарбується, треба забезпечити її необхідну змочуваність, адгезію, температуру, чистоту обробки та відсутність забруднення. Якщо ці вимоги будуть забезпечені, то крапля лакофарбового матеріалу буде розтікатись по поверхні деталі, що фарбується, утворюючи тонку плівку, і прилипати. У тому випадку, коли змочуваність і адгезія не відповідають технічним умовам на нанесення лакофарбового покриття, то крапля лакофарбового матеріалу утворює тіло сферичної форми. При цьому форма тіла залежить від співвідношення сили притягання між молекулами лакофарбового матеріалу й твердого тіла і сили між молекулами самого лакофарбового матеріалу.

Особливу увагу під час нанесення лакофарбового покриття приділяють забезпеченню температурно-вологового режиму в малярному цеху. Згідно з технічними умовами на нанесення лакофарбового покриття, його слід виконувати в приміщенні, де температура складає не менше 18...20 °С і відносна вологість 65...70%. Крім того, температура деталей, що підлягають фарбуванню, і температура лакофарбових матеріалів повинні бути не меншими, ніж температура в приміщенні, де наносять лакофарбові покриття. У протилежному разі на пофарбованій поверхні деталі відбудеться конденсація вологи.

Наявність жирів і мастила на поверхні, що фарбується, знижує міцність зчеплення з лакофарбовою плівкою. Від товщини лакофарбової плівки і її блиску залежать властивості лакофарбового покриття. При гладкій поверхні світлові промені на неї відсвічуються під одним кутом, а при шорсткій поверхні – під різними кутами, в результаті чого покриття здається матовим. Глянцеві покриття краще протистоять зовнішньому агресивному середовищу, ніж матові. Зменшення товщини лакофарбної плівки відносно товщини, що задана в технічних умовах на лакофарбове покриття, спричиняє збільшення кількості мікропор, через які в процесі експлуатації транспортних засобів просочується вода, а потім виникає корозія деталей під покриттям.

При значній шорсткості фарбувальної поверхні деталі виступи, що там існують, не змочуються лакофарбовим матеріалом, тому відривання покриття відбувається по виступаючих місцях.

19.3. Технологічний процес нанесення лакофарбового покриття

Технологічний процес нанесення лакофарбового покриття складається з наступних технологічних операцій: приготування лакофарбових матеріалів, підготовки поверхні деталі до нанесення покриття; нанесення лакофарбових матеріалів; сушіння лакофарбового покриття на поверхні деталі, яке виконують на всіх стадіях технологічного процесу, контроль якості покриття.

19.3.1. Приготування лакофарбових матеріалів

Приготування лакофарбових матеріалів виконують перед нанесенням їх на фарбуючі поверхні деталей. Воно полягає в ретельному їх перемішуванні, проціджуванні, розбавленні розчинниками. Робочу в'язкість оцінюють за допомогою найбільш поширеного в ремонтному виробництві віскозиметра ВЗ-4 (який являє собою спеціальну конусну лійку певного перерізу отвору, із якого витікає рідина) часом (в секундах), за який із лійки витече 100 см³ лакофарбового матеріалу. Необхідна робоча в'язкість лакофарбового матеріалу залежить від його фізико-хімічних властивостей і способу нанесення покриття.

19.3.2. Підготовка поверхні деталі до нанесення лакофарбового покриття

Процес підготовки поверхні деталі до нанесення лакофарбового покриття полягає в очищенні поверхні деталі від різних забруднень, вологи, продуктів корозії, старої фарби, знежирювання, миття і сушіння. Стандартом на підготовку металевих поверхонь до нанесення лакофарбового покриття встановлені технічні вимоги до якості поверхонь, способи і технологія виконання технологічних операцій.

До найбільш поширених способів очищення поверхні деталі відносяться механічний і хімічний. До механічного способу, зокрема, належать піскоструминний, дробоструминний, дробометний та обробка механізованим інструментом. Очищення поверхонь в піско- і дробоструминних установках, що виконані у вигляді спеціально обладнаних стійл-камер, ви-

конують сухим абразивним матеріалом. Чорні метали, мідь та їх сплави обробляють металевим піском. Він являє собою рубаний сталевий дріб (HRC 38...55) або чавунний пісок (HRC 58...62) з діаметром зерен 0,6...0,8 мм. Для алюмінію і його сплавів використовують силуміновий дріб. Гідроабразивне очищення поверхонь деталей виконують струменем суспензії, що складається з води і кварцового піску. Цим способом можна очищувати як чорні, так і кольорові метали. Очищення поверхонь деталей механізованим інструментом здійснюють за допомогою пневматичних (рис. 19.1) або електричних машинок (рис. 19.2). У цих машинок як робочий орган працюють шліфувальний круг, металева щітка, або морошка.

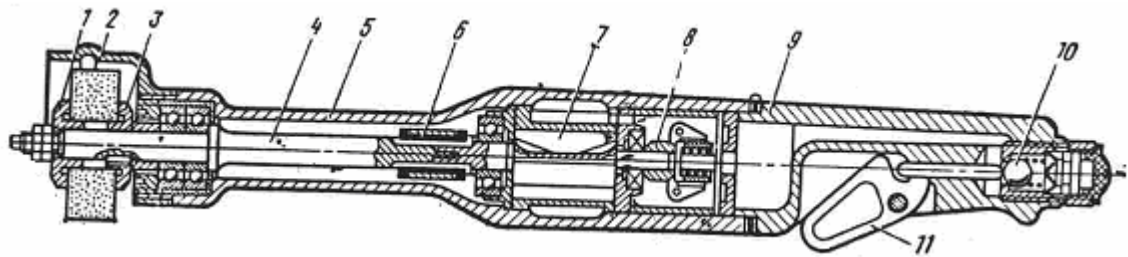


Рис. 19.1 – Пневматична шліфувальна машина:

*1 – передній фланець; 2 – кожух; 3 – задній фланець; 4 – шпindelь;
5 – корпус; 6 – муфта; 7 – пневмодвигун; 8 – регулятор; 9 – рукоятка;
10 – пусковий пристрій; 11 – вимикач*

Застосовуючи під час очищення поверхонь деталей хімічний спосіб, перш за все позбавляються старої фарби і продуктів корозії і підвищують їх захисну здатність проти корозії. Стару фарбу ліквідують шляхом нанесення на поверхню деталі шару товщиною 1...1,5 мм спеціальної пасту, яка роз'їдає і пом'якшує фарбу. Пасту на фарбі витримують протягом 0,5...2 години, після чого її зчищають сталевими скребками, шпателями, металевими щітками та іншими способами. Для позбавлення залишків лугу поверхню промивають водою з милом. Найчастіше використовують пасту, що складається з 7% каустичної соди, 13% порошкоподібної сухої крейди і 80% води.

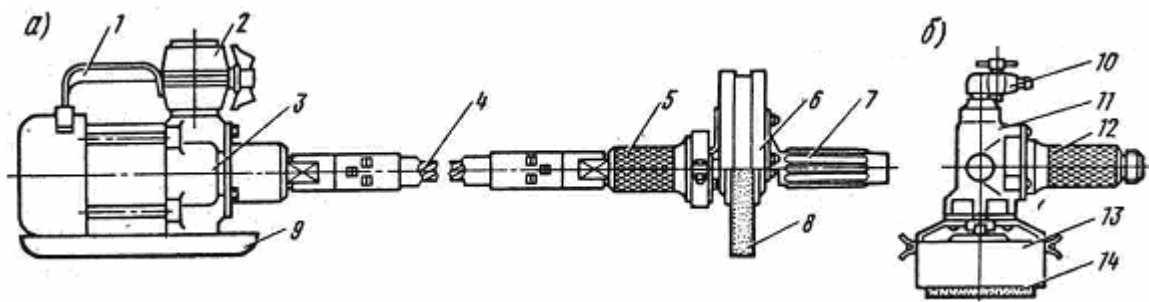


Рис. 19.2 – Електрична шліфувальна машина з прямою (а) і кутовою (б) головками:

1 – ручка; 2 – вимикач; 3 – електродвигун; 4 – вал; 5 – універсальна головка; 6, 13 – кожух; 7, 12 – рукоятка; 8, 14 – шліфувальні круги; 9 – підставка; 10 – штуцер; 11 – корпус

Оскільки застосування пасти є трудомістким процесом, то в ремонтному виробництві для ліквідації старої фарби використовують також розчини, до складу яких входять спеціальні змивки (АФТ-1, СД та ін.), каустична і кальцинована сода і негашене вапно.

Застосування змивок забезпечує зменшення трудомісткості процесу підготовки, прискорення пом'якшення фарби в 2...3 рази, полегшення її позбавлення.

Поверхні деталей, вкриті іржею, перед нанесенням на них лакофарбового покриття не очищають. Їх обробляють хімічно активними речовинами-модифікаторами корозії або перетворювачами іржі, основним компонентом яких є ортофосфорна кислота. Наприклад, перетворювач іржі П-1Т складається із 10...15% ортофосфорної кислоти, 10% таніну, 10% ацетону, 5...10% бутанолу, 10% вуглекислого барію, 10% хромату цинку та 10% етилового спирту.

Перед нанесенням перетворювача іржі на поверхню деталі її очищають від розсіпчастих і пласових продуктів корозії механічним способом, а потім знежирюють уайт-спіритом. Товщина продуктів корозії на поверхні деталі не повинна перевищувати 100 мкм.

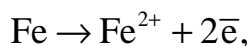
Перетворювачі іржі на поверхню деталі наносять щіткою або фарборозпилувачем. Після висихання згідно з технічними умовами її додатково змочують водою для підвищення ефективності процесу.

Перетворювачі іржі перетворюють продукт корозії заліза в захисний шар хімічно стійких нерозчинних з'єднань, що володіють високою адгезією до поверхні металу. Ортофосфорна кислота утворює з іржею важкорозчинні гідрофосфати, а комплексоутворювачі (танін) переводять оксиди заліза в танінові комплекси.

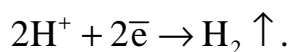
Для підвищення захисної здатності сталевих деталей від корозії застосовують фосфатування. При цьому на поверхні деталі утворюється тонка (1...3 мкм) захисна плівка нерозчинних солей ортофосфорної кислоти, що покращує корозійну стійкість покриття і його адгезію до поверхні деталі. Фосфатують у водних розчинах монофосфатів важких металів (цинк, залізо, марганець) або лугових металів і амонію, подекуди з додаванням вільної фосфорної кислоти.

Утворення фосфатного шару відбувається згідно з законами електрохімії. Реакція розпочинається в тонкому шарі розчину, що доторкається до поверхні деталі, при певному значенні показника рН.

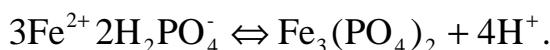
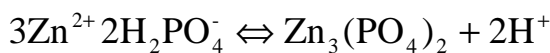
На аноді розчиняється



на катоді відбувається воднева деполяризація



Внаслідок катодного процесу концентрація протонів у приелектродному шарі зменшується. Поріг осадження кристалічних фосфатних плівок настає при наближенні рН до величини 4. Рівняння гідролітичної рівноваги для гідрофосфатів мають вигляд:



При досягненні рН, що відповідає початку осадження, на поверхні деталі починає утворюватися плівка $\text{Zn}(\text{PO}_2)_2 \cdot \text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$.

Для збільшення швидкості осадження під час фосфатування до розчину, що фосфатує, вводять прискорювачі процесу, зокрема, окислювачі (азотна і азотиста кислоти і їх солі) та іони міді й нікелю. Прискорювачі готують на основі монофосфату цинку, який гідролізується легше, ніж фосфати заліза і марганцю. Для фосфатування кузова транспортних засобів застосовують концентрат, що фосфатує (цинковий фосфат) КФ-1.

Хімічним способом ліквідують також забруднення і окисли шляхом знежирювання луговими розчинами, органічними, розчинниками і пароструминним способом. Спосіб знежирювання вибирають залежно від виду і ступеня забруднення. При незначній і середній забрудненості найбільше розповсюдження отримало знежирювання луговими розчи-

нами, до яких відносять водні розчини синтетичних миючих засобів МЛ-51, МЛ-52, МС-6, МС-8, МС-15, МС-17, Ламобід-101, Ламобід-102, Ламобід-203, КМ-1 і Темп-100. Знежирювання проводять в мийних машинах або агрегатах для підготовки поверхні. Ці розчини пожежо- і вибухонебезпечні, нетоксичні.

При значній забрудненості використовують органічні розчинники – бензин і уайт-спірит. При використанні поверхні деталей протирають технічною ганчіркою або промивають у ваннах. Але застосування цих розчинників є небезпечним, бо вони горючі, вибухонебезпечні й токсичні.

Для знежирювання доцільніше застосовувати негорючі й невибухонебезпечні хлоровані вуглеводні (трихлоретилен, перхлоретилен, метиленхлорид, чотирихлористий вуглеводень). Зокрема, їх використовують для ліквідації жирових забруднень, коли ці розчинники знаходяться в рідкому й пароподібному стані.

До недоліків застосування хлорованих вуглеводнів відносять їх високу вартість і токсичність парів. Тому знежирювання з їх застосуванням можливе тільки при використанні спеціальних мийних камер.

На *рис. 19.3* показана схема спеціальної мийної установки для знежирювання деталей трихлоретиленом. Процес знежирювання протікає при струминній обробці деталей шляхом розбризкування форсунками розчину при температурі 50...70°C і тиску 0,15...0,25 МПа.

Сутність пароструминного способу знежирювання полягає у використанні для цього пароводяного струменя при температурі 60...95°C і тиску 0,8...2 МПа. Для підвищення ефективності процесу знежирювання у воду добавляють мийні засоби. Таке знежирювання проводять із застосуванням мийних машин ОМ-5359, ОМ-5360 і ОМ-2216.

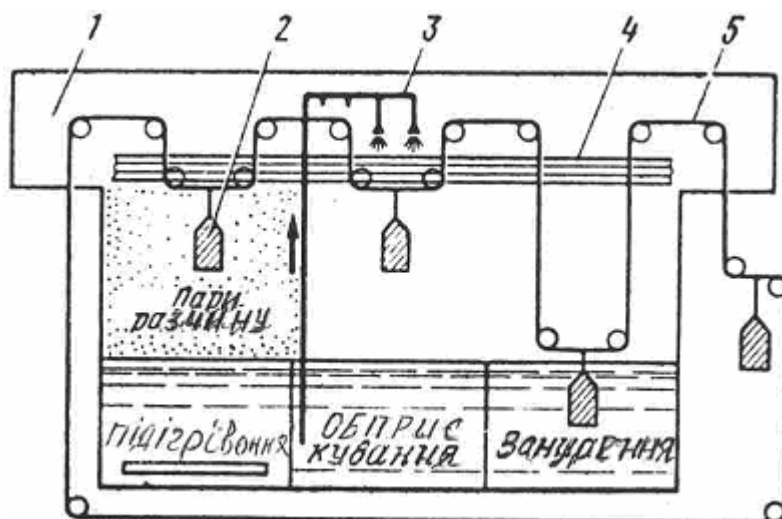


Рис. 19.3 – Схема установки для знежирювання трихлоретиленом:

1 – *закрита камера*; 2 – *виріб*; 3 – *обприскувач*; 4 – *охолоджуюча труба*;
5 – *конвеєр*.

Після очищення деталей механічним і хімічним способами вони підлягають миттю і сушінню. Миття здійснюють у прохідних струминних камерах протягом 2...3 хв. холодною (8...15°C) або гарячою (80...90°C) водою.

Сушіння проводять нагрітим до температури 115...125°C повітрям до вилучення видимих слідів вологи протягом 1...3 хв.

19.3.3. Нанесення лакофарбових матеріалів

Нанесення лакофарбових матеріалів на деталі виконують в такій технологічній послідовності: ґрунтування, шпаклювання, шліфування, нанесення зовнішніх шарів лакофарбового покриття.

Ґрунтування проводять в можливо більш короткий строк після підготовки поверхні до нанесення лакофарбового покриття. Отже, **ґрунтування** – це технологічна операція нанесення першого шару лакофарбового покриття, що є його основою. Вона призначена для утворення міцного антикорозійного шару, який має високу адгезію з металом і наступними шарами лакофарбових матеріалів. Розбавлену до робочої в'язкості ґрунтовку наносять на поверхню деталі фарборозпилувачем, електроосадженням або щіткою. Вона повинна на-

носитись рівномірним тонким і матовим шаром, без пропусків і патьоків. Глянцева поверхня погіршує зчеплення ґрунтовки з наступними шарами лакофарбових матеріалів.

Як ґрунтовку в ремонтному виробництві часто застосовують перетворювачі іржі ВА-0112, ВА-01-ТИСИ або фосфатні ґрунтовки ВЛ-08, ВЛ-023 і ВЛ-02. Перетворювачі іржі складаються з основи і кислотного затверджувача, функції якого виконує ортофосфорна кислота. Їх готують безпосередньо перед використанням, змішуючи для приготування, наприклад, ВА-0112: сто частин за масою основи з трьома частинами ортофосфорної кислоти, а для приготування ВА-01-ТИСИ – з 5...7 частинами.

Шпаклювання – це технологічна операція по заповненню місцевих поглиблень поверхні, що підлягає нанесенню лакофарбового покриття, з метою її вирівнювання. У ремонтному виробництві транспортних засобів для вирівнювання зовнішньої поверхні кузова застосовують лакову шпаклівку ЛШ-1, а для вирівнювання поверхонь усередині кузова – ЛШ-2. В окремих випадках використовують масляну, напівлакову, нітрошпаклівку, клейову та інші види шпаклювальних мас.

До основних умов високоякісного шпаклювання відносять наявність непошкодженого шару ґрунтовки, чистоту поверхні та нанесення шпаклівки тонким (не більше 0,5 мм) рівномірним шаром.

При наявності значних за величиною нерівностей шпаклівку наносять в декілька (не більше 5) шарів товщиною кожного з них не більше 0,5 мм. Сушать кожен шар протягом 20...24 годин при звичайному температурно-вологовому режимі. Загальна товщина шпаклівки не повинна перевищувати 1,5...2 мм. Якщо застосовувати епоксидну шпаклівку ЕП-0010, то сумарну товщину всіх її шарів можна збільшити до 4...5 мм.

Шпаклівку наносять ручним способом шпателями або методом розпилення пістолетом-розпилювачем. Інколи ці методи комбінують.

Шліфування – це технологічна операція, призначена для згладжування і ліквідації всіх нерівностей на поверхні деталі після шпаклювання. Після висихання кожного шару шпаклівки він підлягає шліфуванню ручним або механічним способом, такими пристроями, як електричні шліфувальні кутові машини ИЭ-2102А, ИЭ-2103А, пневматичні машини РД-1, ОПМ-3, ОПМ-4. Під час шліфування ручним способом проміжних шарів застосовують шліфувальний папір №8...6, а останнього шару – № 6...5. Практично встановлено, що

шліфування механічним способом в 10 разів продуктивніше, ніж ручним.

Нанесення зовнішніх шарів лакофарбового матеріалу залежить від вимог, які ставляться до зовнішнього вигляду поверхні, що підлягає лакофарбному покриттю. Воно буває виявляючим і остаточним.

Виявляюче нанесення лакофарбових матеріалів виконують для закріплення шпаклювального шару і визначення недоліків шпаклювання. Після висихання цього покриття шляхом додаткового шпаклювання ліквідують дефектні місця.

Остаточне нанесення лакофарбових матеріалів, наприклад, на кузов здійснюють пентафталевиими фарбами – ПФ-56 (білого кольору), ПФ-57 (кремового кольору), ПФ-59 (вишневого кольору) та інші; кришу – ПФ-62 (сірого кольору); стелю – густотертим білилом; рами візка і підвагонні деталі – пентафталевим лаком №170 (чорного кольору).

Основним правилом щодо лакофарбових матеріалів є нанесення їх якомога більш тонким і рівним шаром. Тонкі шари лакофарбових матеріалів сохнуть рівномірно і відносно швидко без утворення зморшок і тріщин. Але тонкий шар не забезпечує достатнього захисту поверхні, тому наносять два, а подекуди й три шари лакофарбового матеріалу з ретельним проміжним сушінням кожного шару.

Залежно від характеристик поверхонь, що підлягають нанесенню лакофарбового матеріалу, тобто габаритів, форми і виробничої програми застосовують такі способи нанесення щіткою і накочуваним валиком, зануренням, повітряним і безповітряним розпиленням, розпиленням в електростатичному полі. Виходячи із способу нанесення лакофарбового матеріалу, його витрати визначають за формулою

$$Q = \frac{100 \cdot S \cdot \delta \cdot v \cdot k}{q(1 - \eta)}, \quad (19.1)$$

де Q – витрати лакофарбового матеріалу, г;

S – площа поверхні, що підлягає нанесенню лакофарбового матеріалу, м²;

δ – товщина плівки, мкм;

v – щільність плівки, г/см³;

k – кількість шарів нанесення одного виду лакофарбового матеріалу;

q – сухий залишок лакофарбового матеріалу у вихідній в'язкості, г;

η – коефіцієнт утрати лакофарбового матеріалу, величина якої залежить від способу нанесення, %:

$\eta = 0,4$ – повітряне розпилювання;

$\eta = 0,15$ – безповітряне розпилювання;

$\eta = 0,25$ – зануренням

$\eta = 0$ – розпиленням в електростатичному полі.

Нанесення лакофарбових матеріалів за допомогою щітки і накочуваного валика малопродуктивне і потребує високої кваліфікації робітників. Воно одержало обмежене розповсюдження, особливо при застосуванні лакофарбових матеріалів, що швидко сохнуть. До переваг цього способу відносять простоту й універсальність, що дозволяє наносити лакофарбові матеріали на деталі різних розмірів і конфігурації. Крім того, під час нанесення лакофарбових матеріалів щіткою і накочуваним валиком досягають хорошого їх зчеплення з поверхнею деталі за рахунок втирання.

Нанесення лакофарбових матеріалів зануренням має широке розповсюдження внаслідок своєї простоти. Застосовуючи цей спосіб, деталі завішують на підвіски, після чого занурюють їх у ванну з лакофарбовим матеріалом, без затримки виймають з неї і залишають на деякий час у підвішеному стані, щоб стікав лакофарбовий матеріал.

Технологічна операція нанесення лакофарбових матеріалів зануренням повністю механізована з організацією конвеєрної подачі деталей до ванни з лакофарбовим матеріалом і потім до сушильної печі, за винятком робіт по завішуванню і зніманню деталей з підвісок. Цей спосіб застосовують при нанесенні лакофарбових матеріалів на деталі, для яких не потрібна ретельна обробка.

Нанесення лакофарбових матеріалів струминним обливанням полягає в тому, що деталі завішують у спеціальну установку, де їх обливають лакофарбовим матеріалом, а потім витримують в парах розчинників. Висока концентрація розчинника затримує випаровування, покращує розливання лакофарбового матеріалу, що зменшує кількість патьоків. Спосіб струминного обливання потребує

значних виробничих площ для розміщення обладнання і характеризується великою витратою розчинників. Але висока продуктивність і можливість нанесення лакофарбового матеріалу на деталі, які різні за величиною і формою, дозволяють його використовувати при нанесенні покриття на неліцьові поверхні.

Зовнішні шари лакофарбового матеріалу часто наносять повітряним розпиленням. Воно засноване на перетворенні лакофарбового матеріалу за допомогою стиснутого повітря в тонку дисперсну масу, яку наносять на поверхню деталі у вигляді дуже дрібних крапель.

Краплі на поверхні деталі зливаються, утворюючи лакофарбове покриття, що визначається високими захисно-декоративними властивостями. Схема пристрою повітряного розпилення наведена на *рис. 19.4*, з якої видно, що стиснуте повітря з центральної мережі або від компресора надходить до масловодовіддільника і після очищення по шлангу 2 подається до бака, який нагнітає фарбу 3. Він являє собою герметично закриту посудину з кришкою. На кришці встановлені мішалка для перемішування лакофарбового матеріалу і редуктор, за допомогою якого регулюють тиск повітря в системі подачі лакофарбового матеріалу. По шлангу 4 до фарборозпилювача 6 надходить стиснуте повітря, а по шлангу 5 – лакофарбовий матеріал. У фарборозпилювачі лакофарбовий матеріал розпилюється стиснутим повітрям і в дрібнодисперсному стані прилипає до поверхні деталі.

За принципом подачі лакофарбового матеріалу повітряні розпилювачі діляться на дві групи: з подачею лакофарбового матеріалу від бака і з його подачею самопливом із закріпленого зверху стакана. Другу групу повітряних розпилювачів, як правило, застосовують при незначному обсязі робіт. Повітряні розпилювачі нормально працюють тоді, коли тиск стиснутого повітря досягає 0,25... 0,55 МПа.

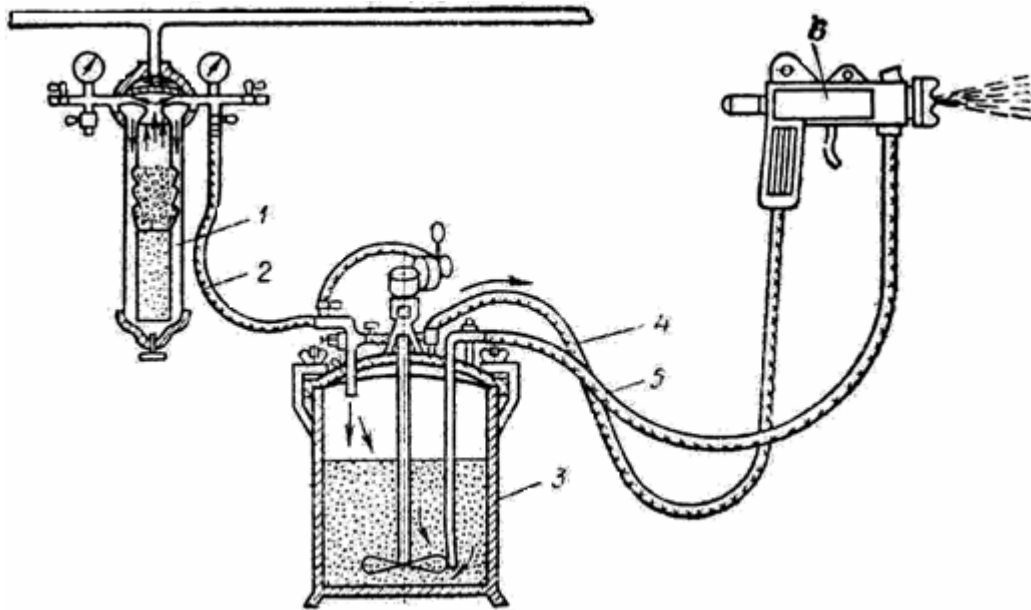


Рис. 19.4 – Схема пристрою повітряного розпилення:

1 – масловодовіддільник; 2, 4 – шланги для подачі повітря; 3 – фарбонагнітальний бак; 5 – шланг для подачі лакофарбового матеріалу; 6 – фарборозпилювач

Повітряне розпилення дозволяє одержати покриття високої якості в будь-яких виробничих умовах при наявності стиснутого повітря і приточно-витяжної вентиляції. Обладнання просте і надійне в експлуатації. Але відбувається велика витрата лакофарбових матеріалів за рахунок туманоутворення, що складає 15...40% від загальних витрат.

Для зменшення туманоутворення застосовують безтуманні фарборозпилювачі із нижнім розміщенням резервуара з лакофарбовим матеріалом. Подача лакофарбового матеріалу до сопла фарборозпилювача здійснюється під дією ежекції повітряним струменем.

Ефективним способом удосконалення розпилення лакофарбового матеріалу є його підігрівання у спеціальних підігрівниках до температури 55...65°C. Розпилення з підігріванням лакофарбового матеріалу дозволяє отримати рівне покриття з високим блиском, зменшити витрати розчинників на розбавлення лакофарбових матеріалів, збільшити товщину шару покриття і тим самим скоротити трудомісткість процесу.

Безповітряне розпилення лакофарбового матеріалу здійснюють шляхом збільшення тиску на виході його з фарборозпилювача спеціальної конструкції в атмосферу.

Як видно з *рис. 19.5*, нагрітий до температури 70...100°C за допомогою нагрівача 6 лакофарбовий матеріал з бака 1 під тиском 12...25 МПа подають насосом 7 до фарборозпилювача 5.

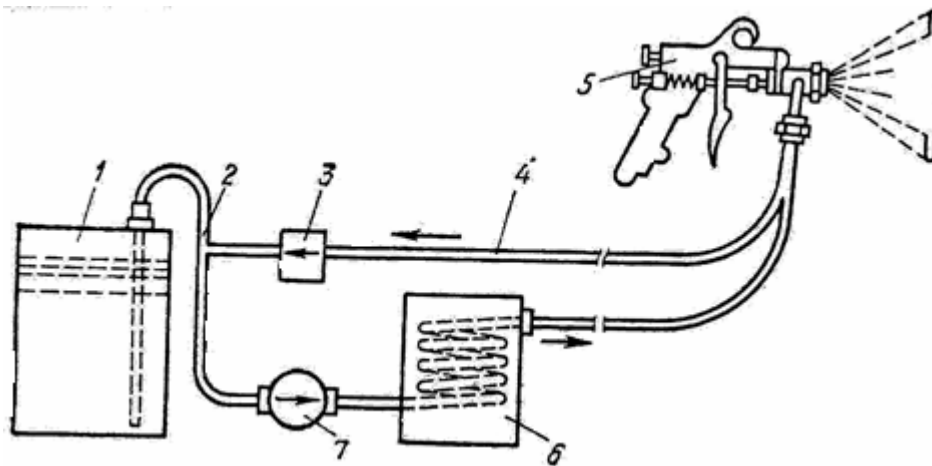


Рис. 19.5 – Схема пристрою нанесення лакофарбових матеріалів безповітряним розпиленням:

1 – балон для лакофарбового матеріалу; 2 – шланг лінії подачі; 3 – регулювальний клапан; 4 – шланг зворотної лінії; 5 – фарборозпилювач; 6 – нагрівач; 7 – насос

Тиск у системі подачі лакофарбового матеріалу створюють за допомогою плунжерного гідравлічного насоса 7 подвійної дії, який включають в роботу пневмоприводом, що працює від мережі стиснутого повітря, де величина тиску знаходиться в межах 0,1...0,7 МПа. Тиск регулюють клапаном 3.

Лакофарбовий матеріал, що знаходиться під тиском, розпилюється завдяки переходу його потенціальної енергії в кінетичну енергію під час виходу із сопла фарборозпилювача. Внаслідок падіння тиску в струміні до атмосферного звільнюються сили, що прагнуть розширити лакофарбовий матеріал. Відбувається дрібнодисперсне розширення лакофарбового матеріалу. Розширенню також сприяє миттєве випаровування частини розчинника після виходу із сопла.

Для безповітряного розпилення промисловість випускає спеціальні пристрої, зокрема, Факел-3, Веер-1, АБР-1М, Радуга-0,63, Радуга-1,25, Радуга-2,0, 2600Н, 7000Н і «Інгул» ОР-5550, за допомогою яких можна наносити практично всі лакофарбові матеріали, більш тонкого помелу і з вихідною в'язкістю до 50с за віскозиметром ВЗ-4.

До переваг нанесення лакофарбових матеріалів безповітряним розпиленням у порівнянні з повітряним відносять: високу якість і продуктивність, зниження витрат лакофарбового матеріалу на туманоутворення на 25%, зниження витрат розчинників, використання менш потужної вентиляції, покращання санітарно-гігієнічних умов праці, скорочення часу на сушіння.

Нанесення лакофарбового матеріалу розпиленням в електростатичному полі за останні роки одержало широке розповсюдження. Фізична сутність технологічного процесу полягає в тому, що електричне поле високої напруги створюють між деталями, які рухаються по заземленому конвеєру, і пристроєм, який розпилює фарбу і на який подають високий електричний потенціал. Частинки лакофарбового матеріалу, отримавши від'ємний заряд, під впливом електричного поля притягуються до позитивно зарядженої деталі, де і осаджуються рівномірним шаром. В електростатичному полі можна наносити покриття тільки з лакофарбових матеріалів з певними електрофізичними властивостями. Для надання матеріалу цих властивостей використовують спеціальні розчинники: РЭ-1В, ВЭ-2В, ВЭ-3В та ін.

Як розпилювач при нанесенні лакофарбового матеріалу розпиленням в електростатичному полі застосовують: пневматичні розпилювачі із встановленою електродною коронуючою сіткою між розпилювачем і деталлю, яка підлягає нанесенню покриттям; спеціальні швидкообертові безповітряні або відцентрові електростатичні розпилювачі у вигляді чаш чи грибків різної форми.

Пневматичні розпилювачі використовують мало, бо при їх застосуванні деякі частинки лакофарбового матеріалу, не отримавши електричного заряду, не досягають деталі і втрачаються, тому що фарборозпилювач розміщений на деякій відстані від коронуючої зони.

Відцентрові електростатичні розпилювачі приводять в дію за допомогою пневматичних турбін або електродвигунів потужністю 50...100 Вт і застосовують як у складі стаціонарних лакофарбових камерах, так і переносних ручних установок.

На ремонтних підприємствах на деталі наносять лакофарбові матеріали в камерах, де створюють необхідні умови для отримання лакофарбового покриття із оптимальними властивостями і локалізують шкідливі речовини біля місця їх виділення. До складу камери входять вентиляційні системи, гідрофільтри, відстійні ванни і насосні агрегати. Тип камери, схему її повітряного обміну вибирають залежно від розмірів і особливостей деталей і організації технологічного процесу нанесення лакофарбових матеріалів. Слід зазначити, що в ремонтному виробництві часто використовують камери з верхнім припливом повітря і відсмоктуванням забрудненого лакофарбовим матеріалом повітря в нижній частині через ре-

шітку в підлозі.

Як видно з *рис. 19.6*, забруднене повітря проходить над дзеркалом ванни 2 з водою через гідрофільтр 3, сепаратори 6 і направляється до повітряного збірника, до якого приєднують всмоктувальний повітропровід вентилятора. Таким чином повітря очищається від лакофарбового матеріалу, проходячи над водою у ванні й у гідрофільтрі, а від зайвої вологи – в сепараторі.

Промисловість випускає стаціонарне автоматичне обладнання з нанесення лакофарбових матеріалів у камерах, що працюють при напрузі 100...140 кВ.

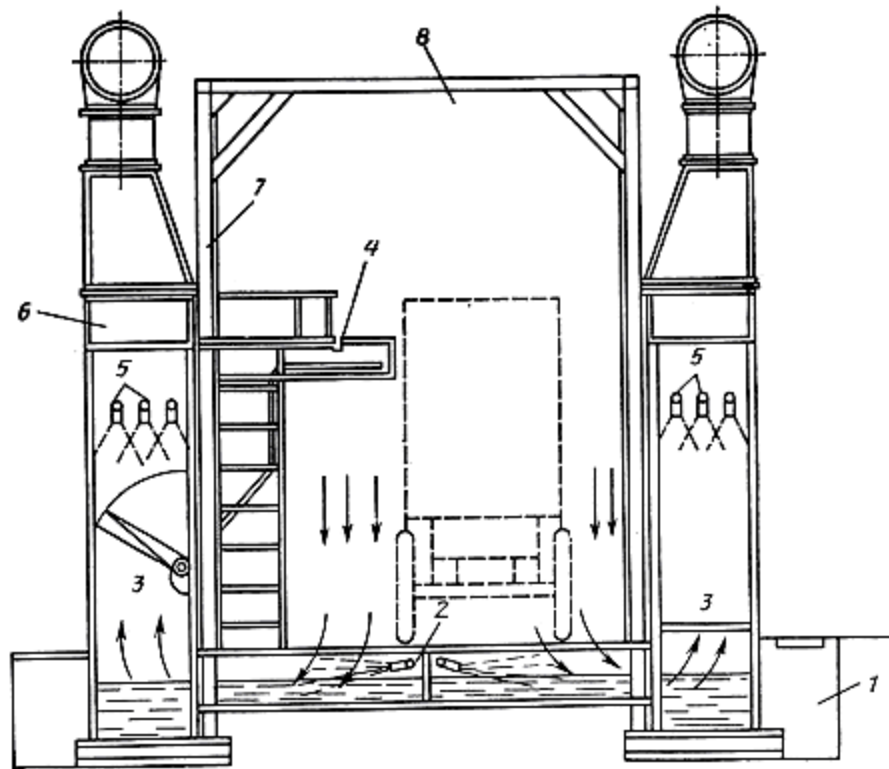


Рис. 19.6 – Схема лакофарбової камери:

1 – насос; 2 – ванна з водою; 3 – гідрофільтр;
4 – пневматичний підйомник; 5 – форсунка для подачі води;
6 – сепаратор; 7 – каркас камери; 8 – робоча зона

Стаціонарні електрофарбові установки є найбільш економічними при нанесенні лакофарбових матеріалів на велику кількість однотипних деталей, але вони не забезпечують якісне лакофарбове покриття деталей складної конфігурації і різних габаритів, що розміщені на одному і тому ж конвеєрі. У таких умовах доцільно застосовувати переносні ручні установки нанесення лакофарбових матеріалів розпиленням в електростатичному полі. Основною їх перева-

гою є можливість розмістити розпилювач в будь-яке положення відносно деталі.

У ремонтному виробництві для нанесення лакофарбових матеріалів розпиленням в електростатичному полі застосовують переносні ручні установки: УЭРЦ-4 з електростатичним фарборозпилювачем чашкового типу, УЭРЦ-3 з безповітряним фарборозпилювачем.

Як видно з *рис. 19.7*, лакофарбовий матеріал з бака 4 подається насосом 2 до електростатичного фарборозпилювача 1 (*рис. 19.8*). Для утворення електричного поля застосовують джерело високої напруги 3.

При нанесенні лакофарбових матеріалів на крупногабаритні деталі із великою площею розпилювач переміщують відносно цієї деталі за допомогою механічних пристроїв з автоматичним управлінням. Туман, що утворюється під час розпилення лакофарбового матеріалу, чинить згубний вплив на працюючих.

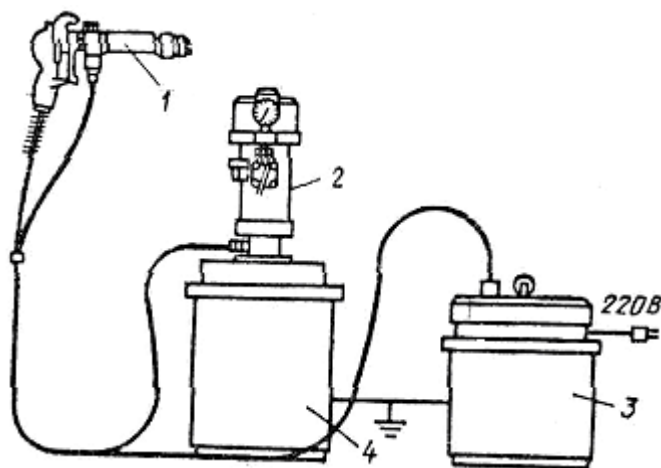


Рис. 19.7 – Схема переносної ручної установки нанесення лакофарбового матеріалу в електростатичному полі УЭРЦ-4:

1 – електростатичний фарборозпилювач чашкового типу; 2 – насос; 3 – джерело високої напруги; 4 – бак

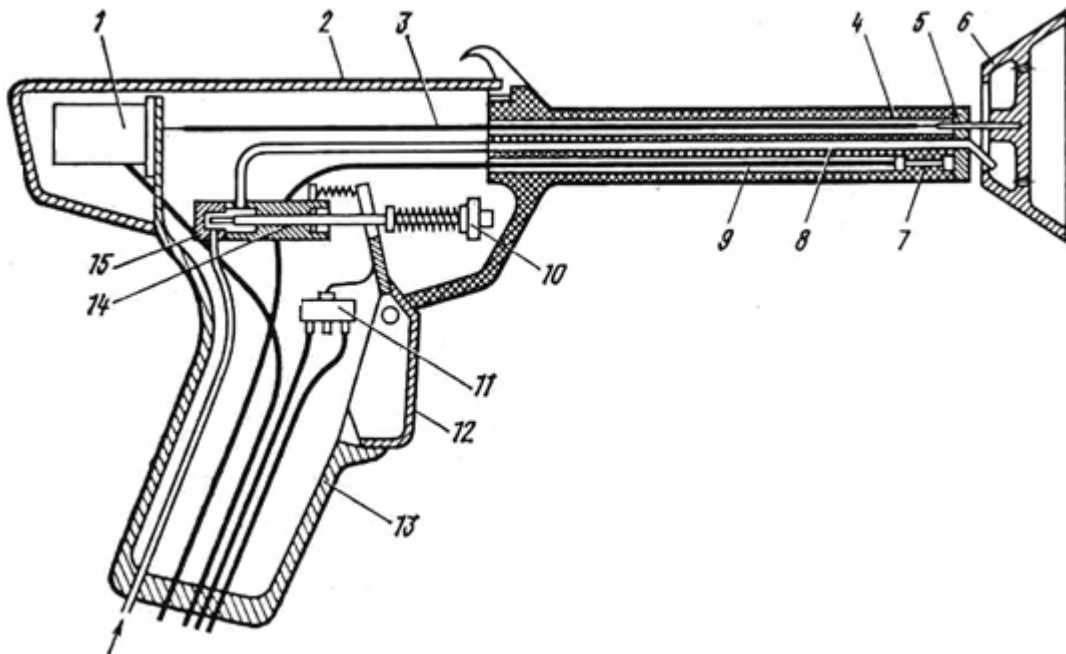


Рис. 19.8 – Електростатичний фарборозпилювач чашкового типу:

*1 – електродвигун ; 2 – кожух; 3 – вал; 4 – корпус; 5 – втулка бронзова;
 6 – розпилювальна чашка; 7 – обмежувальний резистор; 8 – трубка для подачі лакофарбового матеріалу; 9 – кабель високої напруги; 10 – чашка;
 11 – мікровимикач; 12 – курок; 13 – ручка; 14 – голка клапана;
 15 – корпус клапана*

Тому на ремонтних підприємствах застосовують автоматичні маніпулятори (роботи), наприклад РП-1000, які відтворюють рух оператора. Використання роботів і роботизованих комплексів дозволяє наносити лакофарбові матеріали пневматичним і безповітряним розпиленням на деталі різної конфігурації і розмірів. Так, за допомогою роботехнічного комплексу РТК-0-1 можна наносити покриття на різні деталі за п'ятьма програмами. До складу комплексу входять лакофарбовий робот "Колер", фарбувальна камера, кабіна оператора, пульт оператора, система подачі лакофарбового матеріалу і підготовки повітря, пристрій обертання деталі, фарборозпилювач.

До переваг нанесення лакофарбових матеріалів розпиленням в електростатичному полі у порівнянні з іншими способами відносяться: покращання якості покриття; зниження витрат лакофарбового матеріалу до 40%; спрощення системи вентиляції камер, значне підвищення продуктивності і створення більш сприятливих умов праці. До його недоліків належать: підвищені вимоги до лакофарбових матеріалів, застосування складного, дорогого обладнання, залучення для роботи персоналу високої кваліфікації.

19.3.4. Сушіння лакофарбового покриття

При використанні різноманітних лакофарбових матеріалів сушіння відбувається по-різному. Одні матеріали створюють розчинну (зворотну), інші нерозчинну (незворотну) плівку.

Розчинна плівка створюється внаслідок випаровування легких розчинників з рідкого шару лакофарбових матеріалів. Характерними матеріалами, що сприяють виникненню розчинної плівки, є нітроцелюлозні емалі. Вони утворюють тверду плівку на повітрі, бо розчинники, які входять до її складу, випаровуються при нормальній температурі. Висушену розчинну плівку можна повернути в попередній рідкий стан, добавляючи розчинник.

Окремі лакофарбові матеріали дають нерозчинну плівку, що утворюється з рідкого шару нанесеної емалі не тільки внаслідок випаровування розчинника, але і в результаті складних хімічних процесів окислення, конденсації і полімеризації плівкоутворюючих речовин. Під час утворення плівки у таких емалей розрізняють дві фази: спочатку інтенсивно випаровуються розчинники, на що затрачується 10...20% часу сушіння (фізичний процес), а потім відбувається хімічний процес утворення плівки. Прикладом нерозчинних лакофарбових матеріалів можуть бути масляні, меламіноалкідні емалі.

Процеси плівкоутворення при нормальній температурі, особливо в лакофарбових матеріалів з нерозчинною плівкою відбуваються повільно. На прискорення процесу сушіння впливає ряд факторів, найбільш важливим з яких є температура нагрівання лакофарбового шару, ступінь рухомості повітря, освітлення. При нерухомому повітрі середовище, що безпосередньо стикається з недавно нанесеним лакофарбовим покриттям, насичується парами розчинників і процес сушіння сповільнюється. При безперервній зміні повітря пари розчинника відносяться від нанесеного лакофарбового покриття і процес плівкоутворення скорочується.

Сушіння може бути натуральним (без нагрівання деталі) при температурі 18...23°C і відносною вологістю не більше 70% і штучним (з нагрівання лакофарбового покриття) при температурі 60...175°C.

Натуральне сушіння триває досить довго (2...48 год.) і виконується в окремих добре опалювальних приміщеннях. Сушіння вважають закінченим, якщо під час доторкання до

нанесеного лакофарбового покриття протягом 5...6 с, на ньому не залишається слідів.

Натуральне сушіння, наприклад, кузова транспортних засобів за тривалістю займає близько 90% в загальному балансі часу на нанесення лакофарбового покриття. Це приводить до значного збільшення тривалості технологічного процесу ремонту транспортних засобів, заставлення малярного цеху рухомим складом. Крім того, фізико-хімічні процеси твердіння основи лакофарбового покриття при температурі 18...20°C проходять так, що не забезпечують можливості отримання якісної плівки. Все це викликає необхідність проведення сушіння із нагріванням лакофарбового покриття у спеціальних сушильних камерах.

Сушіння із нагріванням лакофарбового покриття застосовують для синтетичних емалей. Воно забезпечує закінчений процес плівкоутворення, покращує водо- і маслостійкість, паро- і газонепроникність покриття.

При сушінні з нагріванням температуру визначають оптимальною, виходячи з необхідності отримання найбільш якісної плівки при мінімальній витраті часу. Для пентафталевої емалі, яку застосовують для фарбування кузова, оптимальне значення температури лежить в межах 100...120°C. При підвищеній температурі плівкоутворення являє собою процес більш якісної безкисневої полімеризації, що забезпечує найбільш високі показники лакофарбового покриття: його твердість, адгезію, волого- та маслостійкість, антикорозійну стійкість.

Міцне й довговічне лакофарбове покриття отримують тільки при ретельному і правильному сушінні кожного його шару, починаючи з ґрунтування і закінчуючи поверхневою лаковою плівкою. Нанесення шпаклівки або іншого лакофарбового матеріалу на недостатньо висушений попередній шар ґрунтовки призводить до спучування її парами розчинника і відшарування всього лакофарбового покриття від металу. Тому сушіння є однією з головних складових частин технологічного процесу нанесення лакофарбового покриття.

Залежно від способу передачі теплоти лакофарбовому покриттю існує конвекційний, терморадіаційний та індукційний спосіб сушіння нагріванням.

Конвенційний спосіб сушіння полягає в нагріванні лакофарбового покриття деталей гарячим циркулюючим повітрям. Недоліком цього способу є те, що висихання лакофарбового покриття відбувається з поверхні покриття. При цьому створюється поверхнева плівка. Вона перешкоджає висиханню нижніх шарів і випаровуванню з емалі розчинника. Пари

випаровуючого в процесі сушіння розчинника призводять до руйнування покриття і утворення пор.

Терморадіаційний спосіб сушіння заснований на поглинанні інфрачервоних променів поверхневою плівкою і лакофарбовим покриттям. Нагрівання деталі відбувається внаслідок переходу променистої енергії в тепло. Терморадіаційне нагрівання має ряд переваг у порівнянні з іншими видами сушіння, бо інфрачервоні теплові промені, маючи властивості проникності, проходять через плівку фарби, поглинаються металевою поверхнею і швидко її нагрівають. Процес висихання йде від поверхні деталі до висихаючого шару плівки. Перепад температур, що виникає між внутрішньою поверхнею емалі і зовнішньою, сприяють швидкому випаровуванню розчинника із шару лакофарбового покриття. Нагріті пари розчинника без перешкод проходять через верхні шари емалі, які ще не встигли затвердіти. Це явище значно зменшує тривалість сушіння.

При терморадіаційному сушінні як джерело теплової енергії застосовують лампові випромінювачі й темні випромінювачі панельного типу, які являють собою плиту з вмонтованими в неї нагрівальними елементами у вигляді ніхромових спіралей або трубок.

Індукційний спосіб сушіння заснований на властивостях металевих деталей нагріватись під час вміщення їх в індуктор, по обмотці якого протікає електричний струм промислової або високої частоти. Вихровий струм, що виникає при цьому в деталі, нагріває її. Сушіння лакофарбового покриття починається від нижніх його шарів до зовнішніх. Це сприяє кращому випаровуванню розчинника.

До недоліків індукційного способу сушіння деталей відносять складність індукторів для нагрівання і великі витрати електроенергії.

На ремонтних підприємствах транспортних засобів тепер застосовують сушильні установки камерного типу, які являють собою теплоізовані камери з електричним, паровим або газовим обігріванням. В якості теплоносія використовують повітря, підігрівачи його в калориферах. Систему повітропроводів стиснутого повітря розміщують так, щоб забезпечити однакову температуру по всій камері і рівномірне нагрівання всіх ділянок кузова. Регулювання температури здійснюють шляхом зміни подачі гарячого повітря засувками.

Установки для індукційного сушіння струмом високої частоти, незважаючи на всі їх переваги, є складними. Їх застосування обмежено ще й тому, що індукційний струм наво-

диться не тільки в обшивці, але і в інших складальних одиницях транспортних засобів. Тому найбільш перспективними вважаються установки терморадіаційного сушіння з випромінювачами панельного типу. Лампові випромінювачі через короткий строк роботи ламп розжарювання, витрат електроенергії (близько 10...15%) на видиме випромінювання і надто малої довжини хвиль інфрачервоного випромінювання (0,8...1,4 мкм) знаходять обмежене застосування.

Випромінювачі панельного типу при температурі 300...400°C дають інфрачервоне випромінювання з довжиною хвилі близько 4 мкм. Більшість емалей і ґрунтів пропускають це випромінювання без поглинання, що забезпечує сушіння лакофарбового покриття від поверхні деталі за схемою внутрішнього обігрівання.

Конструктивно терморадіаційні сушарки виконують у вигляді пересувних щитів з вставними термовипромінювачами або у вигляді закритих камер з термовипромінювачами, які розміщують на стінах. Відкриті установки-щити дають змогу здійснювати сушіння без спеціальних камер, але коефіцієнт корисної дії їх при цьому значно нижчий, ніж в установках камерного типу. Застосування їх виправдуються тільки в умовах депо або спеціалізованих майстерень. На ремонтних заводах доцільно встановлювати сушильні установки камерного типу з регулюючим повітрообміном.

19.3.5. Контроль якості лакофарбових покриттів

Якість лакофарбових покриттів визначають за такими показниками: чистота, колір, блиск, товщина, твердість, адгезія, міцність при згині й ударі, масло-, водо- і бензиностійкість, стійкість до різних реагентів, світло- і термостійкість, атмосферостійкість та ін.

Чистоту лакофарбового покриття визначають шляхом зовнішнього огляду, порівнюючи з еталоном або описом, що наведений в нормативно-технічній документації. Наприклад, у стандарті на пентафталеві фарби, які входять до складу лакофарбового покриття кузова, написано так: плівка повинна бути глянцевою, однорідною, без розшарування, зморшок, віспин, побічних речовин; допускається невелика шагрень.

Колір пігментованих покриттів визначають за еталонами або за допомогою спектрофотометрів і калориметрів.

Блиск вимірюють кількісно на фотоелектричному люксметрі ФБ-2. Сутність фотоелектричного методу полягає у вимірюванні величини фотоструму, що збуджується пучком світла. Цей пучок відбивається від поверхні випробуваного покриття. Результати вимірювання відраховують за шкалою приладу в процентах. Прилад налаштовують за темним увіолетовим склом, блиск якого за цим приладом приймають за 65%. За ступенем блиску покриття ділять на наступні категорії: високоглянцеві (блиск вище 60%), глянцеві (59...40%), напівглянцеві (39...25%), напівматові (24...10%), матові (13...9%), глибокоматові (менше 3%).

Товщину лакофарбового покриття вимірюють за допомогою мікрометрів, магнітних та електроіндукційних товщиномірів. Найчастіше використовують магнітні товщиноміри (рис. 19.9). Дія цього приладу базується на зміні сили притягання магніту до феромагнітної підкладки залежно від товщини контрольованої немагнітної плівки.

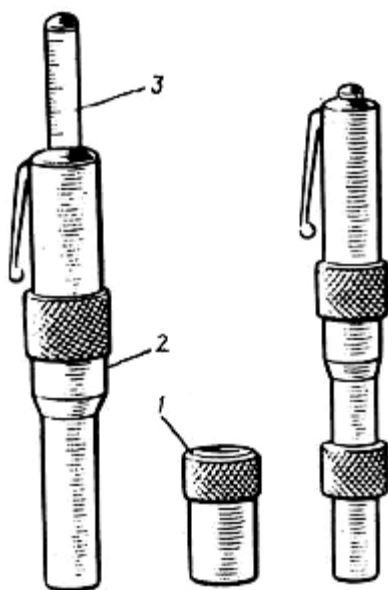


Рис. 19.9 – Магнітний товщиномір

З початком роботи з товщиноміра знімають ковпачок 1, потім кульову поверхню магніту ставлять вертикально на контрольовану поверхню і, обертаючи муфту 2, піднімають шкалу 3 до моменту виникнення клацання (відривання магніту). За показниками шкали визначають товщину покриття. Контроль достовірності роботи приладу здійснюють за еталонами товщини.

Електроіндукційними товщиномірами типу МТ-41-НЦ визначають товщину лакофарбових покриттів феромагнітних деталей, а товщиноміром ВТ-30-НЦ – неферомагнітних деталей з точністю до 1 мкм.

Твердість лакофарбового покриття визначають методом дряпання або залишення слідів на випробному покритті графітовими стержнями різної твердості. Більш точні результати можна одержати, застосовуючи маятникові прилади. При цьому твердість встановлюють в умовних одиницях за відношенням тривалості загасання коливань встановленого на лакофарбовому покритті маятника до тривалості загасання на пластинці з фотоскла цього маятника.

Адгезію лакофарбового покриття до поверхні деталі визначають методом решітчастого надрізування. Фізична сутність цього методу полягає в тому, що на лакофарбовому покритті бритвою або скальпелем роблять за допомогою лінійки на відстані 1...2 мм не менше п'яти паралельних і п'яти перпендикулярних надрізів. Внаслідок цих надрізів утворюється решітка із квадратів. Потім цю поверхню очищають щіткою від відшарованих шматків покриття і за чотирибальною системою оцінюють адгезію.

Повне або часткове (більше 35% площі) відшарування лакофарбового покриття відповідає чотирьом балам. Один бал надають лакофарбовому покриттю, коли відшарування його шматочків не спостерігається.

Випробування лакофарбового покриття на міцність при згинанні здійснюють шляхом визначення мінімального діаметра сталюого стержня, на якому згинають металеву пластинку, що має товщину 0,25...0,31, ширину 20...50 і довжину 100...150 мм, лакофарбове покриття при цьому не руйнується. Випробування починають із стержня великого діаметра і поступово переходять до найменшого діаметра, при якому на неметалевій пластинці виявляють тріщини і відшарування на місці згинання. За міцність лакофарбового покриття при згинанні приймають мінімальний діаметр стержня (в мм), при згинанні на якому покриття залишилось непошкодженим.

Міцність лакофарбового покриття під час розтягування визначають на зразках розміром 10×30 мм, які випробовують на розтяг на розривній машині під

дією рівномірно зростаючого навантаження до розриву плівки. Після цього встановлюють межу міцності лакофарбового покриття при розтягуванні, відносне видовження і модуль пружності.

Метод визначення міцності лакофарбових покриттів під час удару заснований на визначенні максимальної висоти, при падінні з якої вантаж певної маси не викликає видимих механічних пошкоджень покриття. Міцність плівки під час удару виражають числовим значенням максимальної висоти (в см), під час падіння з якої вантаж не наносить механічних пошкоджень покриттю.

Водостійкість – здатність лакофарбового покриття витримати без змін вплив прісної або морської води; **маслостійкість** – дія мінеральних масел і консистентних мастил; **бензостійкість** – перебування в бензині, гасі та інших нафтопродуктах, що не містять ароматичних з'єднань; **хімічна стійкість** – збереження захисних властивостей в умовах дії різних хімічних реагентів (кислот, лугів та ін.). Під час їх визначення сталеві пластинки із лакофарбовим покриттям опускають у відповідні рідини, витримують певний час, а потім оглядають їх зовнішній вигляд. Лакофарбове покриття при цьому не повинно бути зруйнованим.

Метод визначення умовної світлостійкості заснований на опромінюванні лакофарбових покриттів джерелами штучного світла протягом заданого часу із наступним виявленням зміни кольору, зовнішнього вигляду й блиску.

Термостійкість, або **теплостійкість** – здатність лакофарбового покриття витримувати вплив високих температур. Пластинки з лакофарбовим покриттям випробують в термостаті протягом заданого часу. Після цього покриття повинно задовольняти за зовнішнім виглядом і міцністю при згинанні й ударі вимогам стандартів або технічним правилам.

Морозостійкість – здатність лакофарбового покриття зберігати зовнішній вигляд і фізико-механічні властивості при низьких температурах. Випробування на морозостійкість проводять в холодильних камерах. Покриття вважають витримавшим випробування, якщо воно не розтріскалось і не має змін.

Міцність лакофарбового покриття до стирання оцінюють двома методами:

визначенням маси кварцового піску, що необхідний для зруйнування покриття до підкладки під час падіння на нього струменя піску; визначенням зменшення об'єму покриття (в мм³) із площі стирання в 1 см² внаслідок тертя його поверхні об рухому стрічку шліфувальної шкурки.

Атмосферостійкість – здатність лакофарбового покриття зберігати протягом довгого часу свої захисні й декоративні властивості. Кількісно її оцінюють строком знаходження в експлуатації покриття (роки, місяці), визначенням втрати захисних і декоративних властивостей під впливом атмосферних дій. Характеристикою декоративних властивостей є блиск, колір, а захисних – розтріскування, відшарування, наявність пухирів і корозія металу.

Список джерел

1. Бондаревский Д.И., Кобозев В.М. Эксплуатация и ремонт подвижного состава городского электрического транспорта. – М.: Высш. шк., 1973. – 392 с.
2. Ремонт машин /Под ред. Тельнова Н.Ф. – М.: Агропромиздат, 1992. – 560 с.
3. Коробейник А.В. Ремонт автомобилей. Практический курс. – Ростов н/Д.: Феникс, 2004. – 512 с.
4. Коробейник А.В. Ремонт автомобилей. Теоретический курс. – Ростов н/Д.: Феникс, 2004. – 288 с.
5. Ремонт и окраска кузовов автомобилей/ Под ред. С. Афонина. – Ростов н/Д.: ПОНЧиК, 2003. – 140 с.
6. Чумак М.Г. Матеріали та технологія машинобудування – К.: Либідь, 2000. – 368 с.
7. Тетянич І.К. Довідник по відновленню деталей автотракторного і силового електрообладнання – К.: Урожай, 1989. – 192 с.
8. Кулаков Б.М., Резник М.Я. Ремонт трамвайных вагонов. – М.: Транспорт, 1980. – 463 с.
9. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин: Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
10. Коган Л.Я. и др. Эксплуатация и ремонт троллейбусов – М.: Транспорт, 1978. – 248 с.
11. Зеркалов Д.В. та др. Обладнання для технічного обслуговування і ремонту машин. Довідник. – К.: Урожай, 1991. – 208 с.
12. Устройство и ремонт электропоездов метрополитена / Под ред. Сементовского Э.А. – М.: Транспорт, 1991. – 335 с.
13. Хасуй А. Техника напыления. Перевод с японского. – М.: Транспорт, 1975. – 288 с.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

КОВАЛЕНКО Андрій Віталійович
ГОЛТВ'ЯНСЬКИЙ Микола Антонович

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисциплін

"РЕМОНТ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ"

(для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальностей
7.092201(7.05070202), 8.092201(8.05070202)

"Електричні системи і комплекси транспортних засобів"
та 5-6 курсів заочної форми навчання спеціальності 7.092201(7.05070202)
"Електричні системи і комплекси транспортних засобів"),

"РЕМОНТ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ"

(для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання
напряму підготовки 0922 (6.050702) "Електромеханіка")

Частина III

Відповідальний за випуск *В. Х. Далека*

Редактор *Д. Ф. Курильченко*
Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2010 поз. 78Л

Підп. до друку 23.03.09

Друк на ризографі.

Зам. №

Формат 60x84/16

Ум. друк. арк. 5,8

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rektorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12. 05. 2011 р.