

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ РУХОМОГО СКЛАДУ ШАРУВАТИМИ ПОКРИТТЯМИ

Для підтримки існуючого рухомого складу в задовільному робочому стані необхідно виконувати якісний ремонт. Одним із напрямків розвитку ремонтного виробництва є розробка нових технологій відновлення зношених деталей. У статті наведена розроблена технологія нанесення шаруватих покриттів програмним електролітичним залізненням.

Для поддержания существующего подвижного состава в рабочем состоянии необходимо выполнять качественный ремонт. Одним из направлений развития ремонтного производства является разработка новых технологий восстановления изношенных деталей. В статье представлена разработанная технология нанесения слоистых покрытий программным электролитическим железнением.

For maintenance of the existing rolling-stock in working order it is necessary to carry out quality repairs. One of directions of development of repair manufacture is the development of new technologies of restoration of the worn out details. The article represents a newly-designed technology of applying layered coverings by programmed electrolytic iron plating.

Залізничний транспорт на Україні має великі темпи розвитку і є однією з провідних галузей. Про те свідчить відкриття та планування нових швидкісних ліній, застосування сучасних технологій при проектуванні та виробництві вітчизняного рухомого складу, удосконалення колійного господарства та систем автоматики і таке інше. Тобто головними задачами залізниці, безумовно, є підвищення швидкості руху з забезпеченням відповідного рівня надійності, поновлення парку рухомого складу та ін. Але, на наш погляд, однією з пріоритетних задач галузі також залишається виведення ремонтного виробництва (локомотиворемонтних заводів, депо) на сучасний рівень. Це диктується тим, що деталі в процесі експлуатації завжди зношуються і їх треба або замінювати новими, або відновлювати. Деталі нових локомотивів через деякий час також необхідно буде відновлювати, не кажучи вже про існуючий зношений рухомий парк.

Для вирішення поставленої задачі, тобто удосконалення ремонту рухомого складу, необхідно: по-перше, провести випробування і пристосування існуючих в інших галузях передових ремонтних технологій з корегуванням на умови експлуатації рухомого складу, по-друге, проводити дослідження по розробці нових технологій відновлення деталей рухомого складу. При цьому застосування тих або інших технологій відновлення зношених деталей можливе лише після отримання позитивних результатів з їх оптимізації по ряду критеріїв.

На сьогодні усі технології ремонту передбачають відновлення зношених деталей одним суцільним шаром [1; 2]. Однак, на нашу думку, одним з перспективних напрямків розвитку ремонтного виробництва є відновлення деталей шаруватими покриттями.

Застосування шаруватих покриттів розвинуто лише в мікроелектроніці, при нанесенні захисних та декоративних покриттів, а на залізничному транспорті вони не застосовувались. Це обумовлено, імовірно тим, що дослідження велися відносно субмікрошарів, тобто розглядалась структура на рівні зерна. Що стосується шарів, загальна товщина яких складає декілька міліметрів, то таких досліджень набагато менше, і як вже вказувалось, ці дослідження не велися для залізничного транспорту, а також в літературі по цьому питанню можна зустріти суперечливі результати. Однак, незважаючи на протилежність поглядів деяких науковців, переваги багатшарових покриттів перед моношаруватими є безсуперечними.

Отримувати шаруваті покриття можна різними методами. Вважаючи, що згідно з правилами ремонту електровозів [3; 4] одним із поширених методів відновлення деталей є електролітичний, розглянемо саме цей метод.

Шари відновлюючого покриття можуть складатись не тільки з різних металів, а і з одного металу, але з різною структурою. На сьогодні відомо декілька шляхів формування шаруватих покриттів. Один з них – постійним струмом з двох або трьох різних за складом електролітів, в різних гальванічних ваннах у тому числі. Подібні ре-

зультати отримані при використанні постійного струму. Але, на наш погляд, більш перспективним є інше рішення – отримання багатошарових покриттів в одній ванні, в одному електроліті. Це можливо при застосуванні, так званого, програмного електролізу, одна з цих технологій коротко наведена в цій роботі.

Як відомо, метою використання шаруватих покриттів є отримання заданих властивостей з забезпеченням при цьому стабільності структури. Умовно шарувате відновлювальне покриття, на наш погляд, можна розділити на три ділянки: початковий (адгезійний) шар, основний (робочий) та кінцевий (приробчий) шар. Це зовсім не означає, що доцільно використовувати тільки три шари, оскільки кожний із зазначених

шарів може, у свою чергу, складатися з шарів з заданими властивостями. Зауважимо, що ця особливість можлива лише для програмного електролітичного нанесення покриттів. До того ж, товщина шарів може регулюватись в широких межах: від 0,1 мкм до 2 мм.

Не зупиняючись на проміжних операціях, розглянемо гальванічний процес отримання шарів заліза.

У розробленій технології ми використовуємо комбінацію асиметричного та постійного струму (рисунок), отримуючи необхідні властивості відновлювальних шарів шляхом регулювання густини струму J та катодно-анодного відношення β . Густина струму змінювали 3...25, а β 1,3...9 А/дм².



Рис. Струмові режими залізнення

Для асиметричного струму середнє значення струму прямого півперіоду за період T дорівнює

$$I_{\text{ср}}^{\text{пр}} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} I_m^{\text{пр}} \sin t dt = \frac{I_m^{\text{пр}}}{\pi}, \quad (1)$$

а середнє значення струму зворотного півперіоду за період T

$$I_{\text{ср}}^{\text{зв}} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} I_m^{\text{зв}} \sin t dt = -\frac{I_m^{\text{зв}}}{\pi}. \quad (2)$$

Швидкість осадження визначаємо як

$$\frac{d\delta}{d\tau} = \frac{KI_{\text{ср}}^c \eta}{S\rho}, \quad (3)$$

де $I_{\text{ср}}^c$ – середній сумарний струм; K – електрохімічний еквівалент осадженого металу; η – вихід за струмом осадженого металу; S – площа електрода; ρ – густина металу.

В (3) величина $I_{\text{ср}}^c$ визначається як

$$I_{\text{ср}}^c = I_{\text{ср}}^{\text{пр}} \frac{\beta - 1}{\beta}, \quad (4)$$

де катодно-анодне відношення дорівнює

$$\beta = \frac{I_{\text{ср}}^{\text{пр}}}{I_{\text{ср}}^{\text{зв}}}, \quad (5)$$

тоді середня густина струму

$$J_{\text{ср}}^c = J_{\text{ср}}^{\text{пр}} \frac{\beta - 1}{\beta}. \quad (6)$$

Отримані залежності дозволяють вести розрахунок по струму прямого півперіоду при асиметричному осадженні шарів заліза. При перемиканні системою автоматики джерела на постійний струм швидкість осадження розрахунково приймається приблизно рівним 0,2 мм при $J = 20$ А/дм² та 0,25 мм $J = 25$ А/дм².

У початковий період, насамперед, необхідно отримати максимально можливе значення міцності зчеплення $\sigma_{\text{зч}}$ відновлювального шару з основним металом. Початковий період доцільно поділити не менш, як на три етапи (див. рисунок). Режимы джерела напруги наведені в таблиці.

Таблиця

Режими джерела напруги

Період	Густина струму, $J, \text{А/дм}^2$	Катодно-анодне співвідношення, β	Час, хв
Початковий	3	1,3	3
	7	6	7
	15	9	5
Основний	20...25	0...9	Задане
Кінцевий	5...25	0...9	10

Власне залізнення здійснюють в електроліті складу (г/л): залізо хлористе – 400...420; кислота соляна – до рН $\sim 0,8...0,9$; можливо додавання аскорбінової кислоти концентрацією ~ 1 г/л. Електроліт готують із стружки – відходів маловуглецевої сталі (сталі 3; 5, 10, 20). Температура електроліту – температура навколишнього середовища.

Особливістю розробленого процесу є те, що у робочий (основний) період з деякою періодичністю система автоматики перемикає джерело напруги з постійного на асиметричний струм та назад. Періодичність перемикачів та зазначені вище параметри залежать від властивостей, якими повинні володіти відновлювальні шари. Такий підхід дає змогу чергувати пластичні шари з міцними.

Цікавим є і кінцевий період нанесення покриттів. Якщо за умовою необхідно отримати м'який приробчий шар, то необхідно зменшити густину струму і при перемиканні джерела на асиметричний струм, плавно довести β до 2. Зауважимо, що процес повинен вестись автоматично, оператор лише задає початкові умови та контролює процес. У разі необхідності отримання зміцненого кінцевого шару, треба густину струму залишити на рівні 20...25 А/дм²,

а β збільшити до 8. Якщо по завданню треба отримати тріщинуваті покриття, то β слід збільшити не менш як до 9...10, залишаючи густину струму на рівні не менше 20 А/дм².

Враховуючи вищезазначене, нами запропоновано відновлення багатошарові покриттями, які складаються з мікрошарів і наносяться в одному електролізері за допомогою програмного електролізу. За допомогою «керованої» мікрошаруватості можливе формування покриттів з високим рівнем функціональних властивостей, а також стабілізувати їх.

У результаті досліджень нами встановлено, що програмний електроліз дозволяє отримувати відновлювальні залізні покриття, які в 2–3 рази мають більшу міцність і при цьому в 1,3–1,5 рази менші внутрішні напруження, ніж одношарові. Підвищення міцності багатошарових покриттів можна пояснити бар'єрним ефектом міжфазних границь і перебудовою внутрішньої структури шарів при зміні їх товщини δ . Помітне зміцнення шаруватих покриттів спостерігається вже при $\delta \leq 0,1...0,2$ мкм. А зменшення внутрішніх напружень, імовірно, відбувається за рахунок отримання проміжних, відносно м'яких, тобто більш пластичних шарів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Какуєвицкий В. А. Ресурсосберегающие технологии восстановления автомобилей. – М.: Транспорт, 1993. – 177 с.
2. Курасов Д. А. Справочник технолога по ремонту электроподвижного состава железнодорожного транспорта / Д. А. Курасов, В. И. Эльперин. – К.: Техніка, 1990. – 192 с.
3. Правила среднего и капитального ремонта электровозов постоянного тока. – М.: Транспорт, 1980. – 247 с.
4. Правила деповского ремонта электровозов постоянного тока. – М.: Транспорт, 1980. – 276 с.

Надійшла до редколегії 08.09.2005.