

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ФЕДЧЕНКО ІРИНА ІВАНІВНА

УДК 629.4.027.4

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ
КОЛІС СУЦІЛЬНОКАТАНИХ РУХОМОГО СКЛАДУ
ХРОМОФОСФАТУВАННЯМ**

05.22.07- рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2010

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі «Матеріали та технологія виготовлення виробів транспортного призначення» Української державної академії залізничного транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України.

Науковий керівник: - кандидат технічних наук, доцент
Остапчук Віктор Миколайович,
Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра «Матеріали та технологія виготовлення виробів транспортного призначення», професор кафедри

Офіційні опоненти – доктор технічних наук, професор
Фалендиш Анатолій Петрович,
Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра «Експлуатація та ремонт рухомого складу», професор

– кандидат технічних наук
Донченко Анатолій Володимирович,
ДП Український науково-дослідний інститут вагонобудування, директор

Захист відбудеться “26” березня 2010 р. о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.820.04 в Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту, за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розіслано “23” лютого 2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

1

Прохорченко А.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ

Залізничний транспорт є однією з провідних галузей промисловості України, він відіграє найважливішу роль у вантажних та пасажирських перевезеннях. Загальною тенденцією розвитку залізничного транспорту є підвищення вимог до технічного рівня і якості рухомого складу та його складових. Одна з цих вимог – безпека пасажирських та вантажних перевезень, які значно залежать від надійності рухомого складу в умовах інтенсивної експлуатації.

Одним з науково-прикладних завдань, пов'язаних із проблемою контакту колеса з рейкою, як в Україні, так і за кордоном є завдання зниження інтенсивності зношування гребенів коліс суцільнокатаних рухомого складу. У проблемі контакту колеса з рейкою приховані економічність перевезень, ефективність роботи вузлів і конструкцій рухомого складу та колії, вартість їх експлуатації і ремонту.

Актуальність теми

Зносостійкість суцільнокатаних коліс багато в чому залежить від якості робочих поверхонь, які формуються у процесі їх виготовлення. Особливе значення для суцільнокатаних коліс має технологія термічної обробки (загартування, середній відпустк), яка забезпечує необхідні експлуатаційні властивості (зносостійкість, довговічність). Однак дана технологія недостатньо забезпечує стабільну роботу коліс суцільнокатаних від початку їх експлуатації до заданого пробігу, а існуючі методи підвищення зносостійкості коліс суцільнокатаних не забезпечують їх стабільну роботу, а також не усувають причини їх передчасного виходу із ладу.

Тому удосконалення технології виготовлення коліс суцільнокатаних, що сприяє підвищенню зносостійкості, та як наслідок довговічності є актуальним науковим завданням, що має важливе практичне значення. Дана дисертаційна робота спрямована на вирішення цього актуального завдання.

Зв'язок роботи з науковими програмами

Дослідження за темою дисертаційної роботи виконувалося у рамках держбюджетних наукових тем кафедри "Матеріали та технологія виготовлення виробів транспортного призначення" Української державної академії залізничного транспорту:

«Розробка та впровадження технологій відновлення зношених деталей рухомого складу» (№ ДР **0107U008937** 2007-2009 рр.),

«Проведення експлуатаційних досліджень нового складу ріжучого інструменту для обточки кс₂ їх пар при їх відновленні» (№ ДР **0108U006512** 2008-2009 рр.),

«Створення технології формування нового матеріалу покриттів на металевих матеріалах» (№ ДР **0108U006513** 2008-2009 рр.),

«Дослідження формування покриттів на керамічних матеріалах на основі оксиду хрому та вплив їх на фізико-механічні властивості матеріалів» (№ ДР **0101U003234** 2000-2003 рр.).

Мета та задачі дослідження

Метою дисертаційної роботи є зменшення зносу коліс суцільнокатаних шляхом удосконалення технології їх виготовлення.

Для досягнення поставленої мети в роботі потрібно було вирішити такі завдання:

- визначити основні причини виходу з ладу коліс суцільнокатаних рухомого складу та шляхи їх усунення;
- виконати аналіз існуючих технологій виготовлення коліс суцільнокатаних рухомого складу та розробити заходи з їх удосконалення;
- розробити модель, що формалізує процес підвищення зносостійкості суцільнокатаних коліс рухомого складу залізниць;
- удосконалити технологію з виготовлення коліс суцільнокатаних рухомого складу залізниць;
- визначити вплив параметрів технологічного процесу на зносостійкість і довговічність коліс та їх раціональні значення;
- провести комплекс лабораторних і виробничих порівняльних випробувань коліс суцільнокатаних, що виготовлені за існуючою технологією та з обробкою хромофосфатуванням;
- виконати економічну оцінку виготовлення коліс за новою технологією.

Об'єкт дослідження – процес збільшення зносостійкості та довговічності суцільнокатаних коліс рухомого складу залізниць.

Предмет дослідження – суцільнокатані колеса рухомого складу залізниць.

Методи досліджень

У теоретичній частині роботи використано теорія термічної обробки та металографічні методи.

В експериментальній частині для обробки результатів випробувань використано методи теорії ймовірностей, математичної статистики та математичного планування експериментів та регресійний аналіз

Наукова новизна отриманих результатів

Вирішено науково-практичне завдання з покращення технології виготовлення коліс суцільнокатаних рухомого складу за рахунок удосконалення технології їх виготовлення. Автором особисто запропоновані наступні наукові рішення.

Вперше:

- встановлено вплив додаткового процесу хромофосфатування на зносостійкість та, як наслідок, довговічність суцільнокатаних коліс рухомого складу залізниць;
- формалізовано модель, що відтворює вплив процесу хромофосфатування на величину зношування суцільнокатаних коліс рухомого складу залізниць;
- отримано раціональні параметри технології хромофосфатування, що забезпечують збільшення довговічності коліс суцільнокатаних рухомого складу;
- отримано взаємозв'язок між складом матеріалу покриття та його експлуатаційними властивостями, що дозволяє впливати на зносостійкість та працездатність коліс суцільнокатаних.

Доопрацьовано:

- оптимальні умови хромофосфатування для одержання покриття із заданими властивостями на колесах суцільнокатаних рухомого складу та обґрунтування вибору їх структури;
- технологію виготовлення коліс суцільнокатаних рухомого складу залізниць за рахунок введення додаткового процесу хромофосфатування, що забезпечує підвищення їх зносостійкості.

Практичне значення отриманих результатів

На основі результатів проведених експериментальних досліджень при виготовленні коліс суцільнокатаних рухомого складу запропонована нова технологія хромофосфатування.

Розроблені рекомендації застосування нової технології виготовлення коліс суцільнокатаних дали можливість більше ніж у 1,5 разу збільшити їх зносостійкість та експлуатаційні властивості і як наслідок, підвищити міжремонтний пробіг вагонів. Використання результатів роботи підтверджуються відповідними актами впровадження.

На основі результатів проведених досліджень та особливостей формування структури і властивостей нового покриття запропоновано спосіб нанесення покриттів для коліс суцільнокатаних (патент України №117203 А на винахід “Спосіб поверхневого зміцнення”, патент України №87796 на винахід “Спосіб поверхневого зміцнення коліс суцільнокатаних”). Матеріали дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі при вивченні курсу “Матеріалознавство”.

Особистий внесок здобувача

Основні теоретичні та експериментальні результати досліджень, викладені в дисертації, отримані особисто автором.

У публікаціях у співавторстві автору належать:

- сформульоване прикладне наукове завдання, поставлена мета наукових досліджень, визначення шляхів вирішення завдання, обґрунтування методів експериментальних досліджень [6, 9];

- виконання дослідження причин, характеру та встановлення величини зношування коліс суцільнокатаних; отримання даних про вплив покриття на експлуатаційні властивості коліс суцільнокатаних [4];
- проведення експериментальних досліджень, які дозволяють встановити оптимальні технологічні параметри формування хромофосфатного покриття [3];
- проведення дослідження триботехнічних властивостей та встановлення зв'язок між структурою покриття та зносостійкістю і значенням коефіцієнта тертя [7,8];
- пропонування нового способу комплексної обробки для підвищення фізико-механічних і експлуатаційних властивостей коліс суцільнокатаних [19].

Апробація результатів дисертації

Основні результати досліджень доповідались і обговорювалися на міжнародних науково-технічних конференціях і семінарах:

- 3-й, 5-й, 7-й міжнародних науково-практичних конференціях "Сучасні проблеми підготовки виробництва, обробки та зборки в машинобудуванні і приладобудуванні" (Україна, м. Свалява, Карпати, 2003, 2005, 2007 р.р.);
- 3-й, 4-й, 6-й, 7-й міжнародних науково-технічних конференціях "Інженерія поверхні та реновація виробів" (Україна, м.Київ 2003, 2004, 2006, 2007 р.р.)

Основні положення дисертації доповідались на кафедрі з 2003 по 2009р., у повному обсязі дисертаційна робота доповідалася в 2009 р. на розширеному засіданні кафедри "Матеріали та технологія виготовлення виробів транспортного призначення" Української державної академії залізничного транспорту за участю членів спеціалізованої вченої ради Д64.820.04.

Публікації За темою дослідження опубліковано 19 наукових праць, у тому числі 5 статей надруковано у спеціалізованих виданнях, що входять до переліку ВАК України як фахові, та два деклараційні патенти України.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 185 сторінки, у тому числі основного тексту 145 сторінок, 50 рисунків, 14 таблиць. Список використаних джерел складається з 173 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність і новизну тематики роботи, сформульовано цілі і завдання 5 етапі, обрано об'єкт, предмет та методологію дослідження, сформовано основні напрямки вирішення проблеми, викладені наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.

У **першому розділі** наведено аналіз наукових праць з проблеми контактної, фрикційної й динамічної взаємодії коліс із рейками та

гальмівними колодками, довговічності елементів системи «колесо-рейка», ефективності фрикційних матеріалів і процесу гальмування рухомого складу.

Статистичний аналіз показує, що більшість пар тертя виходить з ладу у зв'язку з їх зношуванням. На відновлення і ремонт деталей витрачаються щорічно величезні державні і приватні кошти. Характер зношування коліс суцільнокатаних залежить від умов тертя, властивостей матеріалів гребеня і рейки та наявності в контакті колеса з рейкою, так званого, третього тіла – абразиву або мастила. Розглянуто види зношування гребенів і бічних поверхонь рейок: контактено-втомний, фрикційний і контактено-пластичний. Проведено огляд науково-технічної літератури за темою дисертації і проаналізовано умови роботи коліс суцільнокатаних, процеси їх зношування та дефекти. Встановлено фактори, які визначають умови взаємодії колії та рухомого складу, а саме, взаємовпливові параметри колії та рухомого складу: властивості поверхневих шарів колеса та рейки, наявність «третього тіла», навантаженість у зоні контакту, вплив на систему «колесо-рейка» режиму руху поїзда, температура навколишнього середовища. Встановлено, що основними дефектами, які виникають у процесі експлуатації коліс суцільнокатаних, є тріщини, повзуни, вищербини, навари. Формування поверхні тертя пари «колесо-рейка» виникає у період припрацювання, тому швидкість припрацювання цієї пари має важливе значення. Тертя та обумовлене зношування коліс суцільнокатаних рухомого складу залежать від значної кількості факторів, основними з яких є вид матеріалу поверхонь тертя, якість обробки поверхонь, характер тертя, питомий тиск між поверхнями, що труться.

Таким чином, експлуатаційні властивості коліс суцільнокатаних рухомого складу, що працюють в умовах тертя і зношування, обумовлюються підбором пар тертя з мінімальним коефіцієнтом тертя, збільшенням твердості однієї чи більш спряжених деталей, створенням на поверхні якісних шарів зі структурою та властивостями, які вимагаються, а також підбором мастила.

Дослідженню чинників, що впливають на інтенсивність і характер зношування поверхонь кочення коліс суцільнокатаних рухомого складу, і закономірностей формоутворення їх профілів у процесі експлуатації присвячена велика кількість досліджень вчених: А.Е.Алексєєва, Б.Є.Боднаря, Є.П.Блохіна., В.О.Браташа, О.І.Володіна, Г.К.Гетьмана, С.Г.Грищенко, О.Л.Голубенко, Ю.В.Дьоміна, М.І.Мельриха, В.І.Киселева, Є.Є.Коссова, А.П.Кудряша, В.Г.Маслієва, В.І.Мо⁶, Е.Д. Тартаковського та ін.

Аналіз вітчизняних і зарубіжних робіт показав, що в загальному вигляді технологічний процес виготовлення коліс суцільнокатаних можна представити як графічну модель, яка характеризується тривалим циклом послідовних технологічних операцій (рис.1).

Рис.1. Існуюча технологія виготовлення коліс суцільнокатаних

Підвищення експлуатаційних властивостей деталей, працюючих в умовах тертя і зношування, забезпечується підбором пар тертя з мінімальним значенням коефіцієнта тертя, збільшенням твердості однієї або двох спряжених деталей, створенням на поверхні якісних шарів підбором відповідного мастила. Одним з найефективніших методів підвищення довговічності пар тертя є створення на поверхні деталей шарів із покращеними структурою і властивостями.

Аналіз існуючих технологій підвищення експлуатаційних властивостей деталей показав, що до теперішнього часу не розроблено технологічний процес поверхневої обробки, за допомогою якого можливо одержувати на робочій поверхні коліс суцільнокатаних рухомого складу захисне покриття, які підвищують одночасно зносостійкість і антифрикційні властивості, це забезпечувало б їх безвідмовну роботу протягом заданого терміну експлуатації.

На даний час для підвищення зносостійкості коліс суцільнокатаних рухомого складу існує технологія технічних засобів та матеріалів для подачі «третього тіла» в зону контакту (лубрикація). Система змащення призначена для нанесення оптимальної кількості спеціального консистентного мастила на гребінь колеса. Лубрикація знижує інтенсивність зношування коліс та рейок, скорочує тиск руху, зменшує витрати пального та електроенергії, але не в повністю вирішує дане завдання, при цьому не завжди забезпечується екологічна чистота технологічного процесу.

Згідно із зробленим аналізом у першому розділі сформульовані мета і завдання дисертації.

У другому розділі описані матеріали, з яких виготовляють суцільнокатані колеса рухомого складу, представлені результати існуючих методів з підвищення експлуатаційних властивостей коліс суцільнокатаних рухомого складу та на основі аналізу існуючих технологій виготовлення коліс суцільнокатаних рухомого складу запропоновано додатковий технологічний процес.

Для підвищення зносостійкості коліс суцільнокатаних було запропоновано додатковий тех¹ 7 гінний процес їх виготовлення, який ґрунтувався за принципом незменшення та незбільшення заданої твердості коліс ($HV \geq 255$). Підвищення зносостійкості суцільнокатаних коліс рухомого складу залізниць досягається підбором матеріалу та створенням на його поверхні спеціального зносостійкого шару.

Суть нової технології полягає у тому, що як насичувальне середовище застосовується водяний розчин фосфорнокислих солей хрому і фосфору - хромофосфатів. Характерною особливістю є те, що розбавлення їх водою не викликає втрати зв'язуючої стійкості, крім того підвищується їх рідкотекучість, це сприяє заповненню нерівностей і мікротріщин, які є на поверхні коліс.

При твердінні утворюються аморфні продукти. Після дегідратації відбувається деяке впорядкування структури продуктів, проте інтенсивна

кристалізація починається при 300- 1100⁰С. Як показали результати рентгеноструктурного аналізу, покриття, отримані при різних температурах, мають різний фазовий склад (рис.2).

а) структура покриття у зломі ×2000 б) мікроструктура покриття ×100

Рис. 2. Морфологія покриття:

- 1 – оксиди хрому та фосфору і фосфіди заліза;
- 2 – оксиди заліза та фосфід заліза;
- 3 – перехідний шар;
- 4 – троостит (матриця)

Сформований поверхневий шар забезпечує підвищення зносостійкості та довговічності спряжених пар тента. Матеріал поверхневого шару буде своєрідним каталізатором, що викл 8 з або прискорює процеси обміну між компонентами навколишнього середовища.

Дослідження проводилися на сталі, що безпосередньо використовується для виготовлення суцільнокатаних коліс рухомого складу. Для виготовлення суцільнокатаних коліс застосовують вуглецеву сталь, яка виробляється відповідно до ГОСТу 10791-2004, як обов'язковий додаток до нього містяться вимоги технічних умов Міжнародної спілки залізниць (UIC) та Міжнародної організації зі стандартизації (ISO).

Для підтвердження правильності вибору способу отримання зносостійкого покриття на суцільнокатаних колесах, а саме насичування поверхневого шару з подальшою термообробкою, треба провести формування моделі з підвищення їх зносостійкості.

У третьому розділі наведено процедуру формування моделі, що дозволяє вибрати раціональні параметри технологічного процесу хромофосфатування, які забезпечують підвищення зносостійкості суцільнокатаних коліс рухомого складу залізниць, що, як наслідок, сприяє збільшенню довговічності їх роботи. На основі пропозицій, як обґрунтовано

у другому розділі пропонується у технологічний ланцюг виготовлення коліс ввести додаткову операцію нанесення покриття. Згідно з існуючими технологіями запропоновано як насичувальне середовище використовувати хромофосфати та підібрати раціональні параметри процесу.

З цією метою у дисертації розроблено модель, що формалізує цей процес у вигляді оптимізаційної задачі, яку структуровано на рис.3.



Рис.3.Граф технологічного процесу підвищення довговічності коліс суцільнокатаних рухомого складу:

$t, ^\circ\text{C}$ —температура; $C, \%$ —концентрація; $\tau, \text{хв}$ —час витримки; I - зносостійкість

Як цільову функцію запропоновано величину зносу, яка є функцією від технологічних параметрів t^0, C, τ , тобто $I=f(t^0, C, \tau)$ при виконанні системи обмежень на технологічні параметри, включаючи величину твердості. Таким чином, у неявному вигляді модель є такою:

$$I=f(t^0 ; C; \tau) \Rightarrow \min,$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 28^\circ\text{C} \leq t^0 \leq 300^\circ\text{C}, \\ 0 \leq \tau \leq 120 \text{ хв}, \\ 0 \leq C < 20\%, \\ 255 \leq H_V \leq 258, \text{ де } H_V \text{ — величина твердості.} \end{array} \right.$$

У роботі на основі експериментальних досліджень зроблено припущення, що технологічні параметри є незалежними. На основі репрезентативних вибірок даних в експериментах було сформовано регресійні залежності величини зношування I від параметрів t^0, C, τ . Крім того було, отримано залежності величини твердості H_V від параметрів t^0, C, τ (рис.4-9).

Рис.4. Залежність величини зношування поверхні кочення коліс від тривалості операції

Рис.5.Залежність величини зношування поверхні кочення коліс від температури операції

хромофосфатування

хромофосфатування

Рис.6.Залежність величини зношування поверхні кочення коліс від концентрації насичувального середовища операції хромофосфатування

Рис.7.Залежність величини твердості поверхні кочення коліс від тривалості операції хромофосфатування

Рис.8. Залежність величини твердості поверхні кочення коліс від температури операції хромофосфатування

Рис.9. Залежність величини твердості поверхні кочення коліс від концентрації насичувального середовища операції хромофосфатування

Результати моделювання, які представлено у вигляді поверхонь відгуку на рис. 4-9, доводять існування оптимальних співвідношень між параметрами t^0, C, τ , що забезпечують мінімальне зношування при значеннях твердості, які знаходяться у заданих межах.

Це дозволяє представити цільову функцію в адитивній формі:

$$I[\tau, t, C] = 0.3727 \cdot (3.764 \cdot 10^{-8} \cdot \tau^4 - 1.115 \cdot 10^{-5} \cdot \tau^3 + 0.001325 \cdot \tau^2 - 0.06762 \cdot \tau + 2.001) - 0.4455 \cdot (3.056 \cdot 10^{-10} \cdot t^6 - 9.083 \cdot 10^{-8} \cdot t^5 - 1.06 \cdot 10^{-5} \cdot t^4 - 0.0006113 \cdot t^3 - 0.01819 \cdot t^2 - 0.2675 \cdot t + 2.54) - 0.1818 \cdot (-5.144 \cdot 10^{-5} \cdot C^5 + 6.477 \cdot C^4 - 0.00183 \cdot C^3 + 6.477 \cdot C^2 + 0.02346 \cdot C + 1.298) \Rightarrow \min$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \leq \tau \leq 300 \\ 28 \leq t \leq 300 \\ 0 \leq C \leq 20 \\ 255 \leq 0.4138 \cdot (1.628 \cdot 10^{-9} \cdot \tau^6 - 6.576 \cdot 10^{-7} \cdot \tau^5 + 0.0001017 \cdot \tau^4 - 0.007362 \cdot \tau^3 + 0.2341 \cdot \tau^2 - 1.95 \cdot \tau + 230) + 0.3351 \cdot (-1.944 \cdot 10^{-8} \cdot t^6 + 6.417 \cdot 10^{-6} \cdot t^5 - 0.0008153 \cdot t^4 + 0.05046 \cdot t^3 - 1.593 \cdot t^2 + 24.84 \cdot t + 83) + 0.2511 \cdot (-0.00823 \cdot C^3 + 0.02381 \cdot C^2 + 3.352 \cdot C + 230) \leq 258. \end{array} \right.$$

Аналіз отриманих залежностей довів, що вищезазначені чинники t^0, C, τ мають різний вплив на величину зносу. Для врахування ваги кожного чинника було отримано коефіцієнти ω_i і $\omega_i^0, \omega_c, \omega_\tau$, сума яких $\sum_{i=1}^3 \omega_i = 1$.

З цією метою було порівняно величини похідних функцій $i = f_1(t^0)$, $i = f_2(c)$ та $i = f_3(\tau)$, а коефіцієнти ваги було обрано пропорційно модулям похідних $f_1'(t^0), f_2'(c), f_3'(\tau)$.

З використанням отриманих раціональних технологічних параметрів $t^0=50\pm 2^{\circ}\text{C}$; $C=9\pm 1\%$; $\tau=35\pm 5\text{хв}$ було проведено хромофосфатування 30 коліс суцільнокатаних вагонів та порівняльні експлуатаційні випробування з колесами, які виготовлені за існуючою технологією. Результати досліджень у вигляді регресійних залежностей наведено на рис.10-12.

Рис.10. Залежність зношування I , мм, від часу витримки τ , хв, і температури t , $^{\circ}\text{C}$

Рис. 11. Залежність зношування I ,мм, від ступеня концентрації розчину $C\%$ і температури t , $^{\circ}\text{C}$

Рис. 12. Залежність зношування I , мм від ступеня концентрації розчину $C\%$ і часу витримки τ , хв

Відповідно до вищенаведених процедур модель технологічного процесу підвищення зносостійкості та, як наслідок, довговічності має наступний вигляд (рис.13).

Рис. 13. Залежність величини зношування коліс від пробігу рухомого складу при застосуванні традиційної та запропонованої технологій:

1 – традиційна технологія; 2 – запропонована технологія

Моделювання було проведено на генетичному алгоритмі FGA з плаваючою точкою.

Аналіз цих закономірностей доводить, що за існуючою технологією виготовлення суцільнокатаних коліс рухомого складу практично не забезпечують нормативні пробіги (100 тис. км), що приводить до збільшення інтенсивностей ремонтів. Відповідно до запропонованої технології величина зносу має тенденцію до достатньо ¹італого процесу зносу, що забезпечує збільшення міжремонтного пробігу більш ніж у 1,5 рази.

В четвертому розділі експериментально² перевірено достовірність запропонованих теоретичних підходів стосовно розробки та впровадження нової технології виготовлення кол. 13 льнокатаних рухомого складу та її вплив на експлуатаційні властивості.

Для підтвердження ефективності запропонованого додаткового процесу хромофосфатування зразки з вуглецевої сталі обробляли в парогазовому середовищі з подальшим охолодженням до кімнатної температури на повітрі. Обробку проводили водним розчином $9\pm 1\%$ хромофосфатів при температурі $50\pm 2^\circ\text{C}$ протягом 35 ± 5 хв (рис. 14).

Рис.14. Схема нового технологічного процесу

Для доказу переваг розробленого технологічного процесу виготовлення коліс суцільнокатаних були проведені експериментальні дослідження та порівняльні випробування коліс суцільнокатаних після 100 тис.км пробігу, де перевірялася зносостійкість і визначалося значення коефіцієнта тертя. Проведені експериментальні дослідження експлуатаційних властивостей наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика експлуатаційних властивостей

Вид обробки	гартування+середній відпуск	гартування + середній відпуск+ лубрикатор	гартування+хромо фосфатування+ середній відпуск
лінійне зношення, мм	0,30	0,28	0,12-0,16
коефіцієнт тертя	0,02-0,03	0,018	0,01-0,009

Дослідженнями встановлено, що зразки виготовлені за звичайною технологією, мають зношення 14 се у 2-2,5 разу більше, ніж з хромофосфатним покриттям, а зразки з використанням лубрикатора мають зношення в 1,5 – 2 рази, що більше ніж з використанням хромофосфатного покриття (рис.15). Значення коефіцієнта тертя зразків, які виготовлені існуючим методом, у 2 рази вище, ніж у зразків, оброблених за новою технологією хромофосфатування (рис.16).

Рис.15. Вплив нової технології хромофосфатування на значення коефіцієнта тертя:

де 1– існуюча технологія; 2– з лубрикатором; 3– нова технологія

Рис.16. Вплив нової технології хромофосфатування на зносостійкість:

де 1- існуюча технологія; 2- $\frac{1}{15}$ лубрикатором; 3- нова технологія

Таким чином, проведені комплексні дослідження з удосконалення технологічного процесу виготовлення коліс² суцільнокатаних рухомого складу хромофосфатуванням виявили підвищення зносостійкості суцільнокатаних коліс в 2,5-3 рази; зниження значення коефіцієнту тертя у 3-3,5 рази.

Нову технологію виготовлення коліс суцільнокатаних рухомого складу можна представити у вигляді графічної моделі (рис.17).

Рис.17. Нова технологія виготовлення коліс суцільнокатаних:

1- штампування, 2- механічна обробка, 3 – термічна обробка,
4- гартування, 5- хромофосфатування, 6- середній відпуск

У п'ятому розділі проведено економічну оцінку виготовлення коліс за новою технологією.

Введення додаткового циклу в технологію виготовлення коліс суцільнокатаних дозволяє підвищити їх зносостійкість та отримати економічний ефект за рахунок збільшення їх строку служби, зменшити кількість міжремонтного періоду.

Економічний ефект від застосування нового способу складає 140 тис. 506 грн для депо з річною програмою ремонту 2,5 тисячі вагонів за рік.

При врахуванні перерахованих показників та екологічної чистоти технології запропонованого способу поверхневого зміцнення суцільнокатаних коліс сумарний економічний ефект буде значно вищий.

ВИСНОВКИ

У роботі вирішено важливе науково-технічне завдання з підвищення зносостійкості коліс суцільнокатаних рухомого складу шляхом удосконалення технології їх виготовлення. Отримані результати дозволяють зробити наведені нижче висновки.

1. На основі досліджень причин виходу з ладу коліс суцільнокатаних, а також аналізу сучасних способів нанесення зносостійких покриттів встановлено, що існуючі на сьогодні способи зміцнення коліс не забезпечують їх зносостійкість у процесі експлуатації.
2. Зроблено аналіз існуючих технологій виготовлення суцільнокатаних коліс рухомого складу залізниць.
3. Сформовано модель підвищення зносостійкості коліс суцільнокатаних рухомого складу, що відтворює процес впливу чинників t^0 , C , τ на величину зношення та забезпечує визначення раціональних параметрів технологічного процесу, який сприяє підвищенню довговічності рухомого складу, а саме сформульовано таку сукупність оптимальних параметрів: $t^0=50\pm 2^0\text{C}$; $C= 9\pm 1$; $\tau=35\pm 5$ хв.
4. Розроблено нове насичувальне середовище, що складається з водного розчину хромофосфатних солей, патент України №117203 А на винахід "Спосіб поверхневого зміцнення". Уперше хромофосфати використовуються для формування зносостійких покриттів.
5. Встановлено, що розроблена технологія забезпечує збільшення зносостійкості у 1,5 рази та підвищує довговічність суцільнокатаних коліс рухомого складу залізниць за рахунок нанесення захисного хромофосфатного покриття.
6. Теоретичні дослідження підтверджено результатами експлуатаційних випробувань, що обумовлює адекватність запропонованої моделі.

7. Техніко-економічне обґрунтування довело, що запропонована технологія забезпечує економію у 140 тис.506 грн для депо з річною програмою ремонту 2,5 тисячі вагонів за рік.
8. Отримані результати використані при розробленні технології зміцнення коліс суцільнокатаних. Експлуатаційні випробування показали доцільність нового технологічного процесу, який дозволяє рекомендувати для впровадження його у виробництво при виготовленні та ремонті коліс суцільнокатаних рухомого складу залізниць.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні

1. Федченко И.И. Повышение износостойкости узлов трения с помощью защитного покрытия /И.И.Федченко//Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – № 69. – С 105-111.
2. Федченко И.И. Повышение износостойкости чугунных деталей /И.И.Федченко// Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – 2004. – №.26. – С 219-225.
3. Федченко И.И. Методы повышения износостойкости поверхностей трения /И.И Федченко// Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – №79. – С 134-139.
4. Пат. 87796 Україна, UA С 21 D 9/34, С 21 D 8/00, С 23 С 8/00/ Спосіб поверхневого зміцнення коліс суцільнокатаних / Тимофєва Л.А., Остапчук В.М., Федченко І.І.; власник Українська державна академія залізничного транспорту – зареєстр. 10.08.09.
5. Федченко И.И Влияние 17 рхностного диффузионного слоя на интенсификацию процессов импульсной листовой штамповки /Є.А.Фролов, С.С.Тимофєєв, И.И. Федченко, И.В Манаєнков // Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – №88. – С. 123-128.

Додаткові

1. Пат. №45841А Україна / Спосіб хіміко-термічної обробки деталей із металів та сплавів / Л.А.Тимофєєва, Л.В.Проскуріна, С.С.Тимофєєв, І.І.Федченко, власник Українська державна академія залізничного транспорту – зареєстр. 15.04.2002р.
2. Федченко И.И. Повышение износостойкости чугуна при помощи многослойного покрытия / И.И. Федченко // Материали 3-й міжнародного науково-технічного семінара, 25-27 лютого: тези доп. - Свалява, 2003 – С 81-83.
3. Федченко И.И. «Повышение износостойкости узлов трения» /И.И.Федченко // Материали 4-й міжнародної науково-технічної конференції «Инженерия поверхности и реновация изделий», 25-27 травня: тези доп. – Київ , 2004 – С 59-61.

4. Федченко И.И. «Влияние технологических параметров алюмохромофосфатирования на эксплуатационные свойства деталей цилиндра-поршневой группы дизелей» / В.Н.Остапчук, С.С.Тимофеев, И.И.Федченко // Сб.стат. по материалам 13-й международной научно-практической конференции Технологии XXI века, 10-12 липня - Алушта 2005.

5. Федченко И.И. «Покрытия функционального назначения» /И.И.Федченко // Материали 7-й міжнародної науково-технічної конференції «Инженерия поверхности и реновация изделий» 27-30 травня: тези доп. – Київ, 2007 – С 40-42.

6. Федченко И.И. «Повышение качества рабочих поверхностей колес цельнокатаных» / В.Н.Остапчук, С.С.Тимофеев, И.И.Федченко // Материали 7-й міжнародно науково-технічної конференції «Качество, стандартизация, контроль: теория и практика» 22-26 вересня: тези доп. Ялта 2007 – С 55-57.

7. Федченко И.И. «Повышение качества поверхности колес цельнокатаных путем разработки состава покрытия» / С.С.Тимофеев, И.И.Федченко // Материали 8-й міжнародного науково-технічної конференції «Качество, стандартизация, контроль: теория и практика» 26-30 вересня: тези доп. Ялта 2008 – С 32-33.

8. Федченко И.И. «Повышение износостойкости деталей транспортного назначения алюмо, хромофосфатированием» / С.С.Тимофеев, И.И.Федченко // Материали 9-й міжнародно науково-технічної конференції «Современные проблемы подготовки производства, заготовительного производства, обработки, сборки и ремонта в промышленности и на транспорте» 22-26 лютого тези доп. Свалява 2009 – С 40-42.

АНОТАЦІЯ

Федченко І.І. Удосконалення технології виготовлення коліс суцільнокатаних рухомого складу хромофосфатуванням. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів; Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2009.

Дисертація призначена вирішенню актуального науково-технічного завдання – підвищенню зносостійкості коліс суцільнокатаних шляхом удосконалення технології їх виготовлення.

Для дослідження впливу покриття на склад робочих поверхонь коліс у роботі використовуються методи теорії імовірності та математичної статистики, регресійний аналіз, металографічні методи.

Була розроблена комплексна технологія підвищення зносостійкості коліс суцільнокатаних, яка включає до себе технологію нанесення покриттів з подальшою термообробкою.

Встановлені якісні та кількісні технологічні параметри формування зносостійкого покриття на основі хромофосфатів. Досліджена природа та специфіка нової комплексної обробки робочої поверхні коліс, яка впливає на їх експлуатаційні властивості. Теоретично та експериментально доведено, що висока якість та властивості нового покриття забезпечують підвищення зносостійкості коліс з підвищенням їх експлуатаційних характеристик. Виконані дослідження та проведені розрахунки оптимальних режимів формування нового хромофосфатного покриття $t^0 = 50 \pm 2^\circ\text{C}$; $C = 9 \pm 1\%$; $\tau = 35 \pm 5$ хв. Досліджено залежності зносостійкості поверхневого шару від температури, часу витримки та концентрації насичувального середовища. Встановлено зв'язок між складом та структурою покриття та його зносостійкістю і довговічністю.

Ключові слова: колеса суцільнокатані рухомого складу, хромофосфатування, зносостійкість, довговічність, експлуатаційні властивості, технологія.

АННОТАЦИЯ

Федченко И.И. Совершенствование технологии изготовления колес цельнокатаных подвижного состава хромофосфатированием.- Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов; Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2009.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-практической задачи – повышению износостойкости 19 цельнокатаных колес подвижного состава за счет усовершенствования технологии их изготовления.

Показано, что одной из научно-прикладных задач, связанных с проблемой контакта колес с рельсами, как в Украине, так и за рубежом

является задача снижения интенсивности износа колес цельнокатаных подвижного состава, так как это влияет на безопасность движения.

На основе исследований причин выхода из строя колес цельнокатаных, а также анализа существующих технологий их изготовления и методов поверхностного упрочнения установлено, что в настоящее время существующий способ изготовления колес цельнокатаных не обеспечивает износостойкость и долговечность в процессе их эксплуатации.

Анализ отечественных и зарубежных работ показал, что в общем виде технологический процесс изготовления колес цельнокатаных характеризуется длительным циклом таких последовательных технологических операций, как, штамповка, механическая обработка, термическая обработка, закалка и средний отпуск.

Разработана модель повышения износостойкости колес цельнокатаных подвижного состава, которая отображает процесс влияния технологических параметров (температура, концентрация и время) на величину износа и обеспечивает определение рациональных параметров технологического процесса, которые обеспечивают повышение долговечности подвижного состава.

Была разработана комплексная технология повышения износостойкости колес цельнокатаных, которая включает в себя технологию нанесения покрытий с дальнейшей термообработкой. Суть новой технологии заключается в том, что в качестве насыщающей среды применяется водный раствор фосфорнокислых солей, хрома и фосфора – хромофосфаты. Характерной особенностью является, что при разбавлении их водой не теряется работоспособность связующей стойкости, кроме того, повышается их жидкотечучесть, что обеспечивает заполнение неровностей и микротрещин, которые есть на поверхности колес. Сформированный поверхностный слой обеспечивает износостойкость и долговечность сопряженных пар трения (колесо-рельс). Материал поверхностного слоя, имея слоистую структуру, защищает основной металл от разрушения.

Установлена зависимость величины износа от технологических параметров хромофосфатирования (время выдержки, степени концентрации насыщающей среды и температуры насыщения). Выполнены исследования и проведены расчеты оптимальных режимов формирования нового хромофосфатного покрытия: $t^0 = 50 \pm 2^\circ\text{C}$; $C = 9 \pm 1\%$; $\tau = 35 \pm 5$ мин.

Проведены комплексные исследования по усовершенствованию технологического процесса изготовления колес цельнокатаных подвижного состава хромофосфатированием, которые проявили преимущества хромофосфатов в сравнении с существующими технологиями поверхностного упрочнения, а именно обеспечивает повышение износостойкости колес цельнокатаных в 1,5 раза.

Оценка экономической эффективности рекомендаций по усовершенствованию технологии изготовления колес цельнокатаных подвижного состава показала, что внедрение технологий их поверхностной

обработки обеспечит экономический эффект в размере 140 тысяч 506 грн для депо с годовой пограммой ремонта 2,5 тысячи вагонов в год.

Ключевые слова: колеса цельнокатаные подвижного состава, хромофосфатирование, износостойкость, долговечность, эксплуатационные свойства, технология.

THE SUMMERY

Fedchenko I.I. Improvement manufacturing technologies of the rolling stock wheels by hromofosfatirovanie. - the Manuscript.

The dissertation on reception scientific degrees of Cand.Tech.Sci. behind a speciality 05.22.07 – railway rolling stock and trains draught - the Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkov, 2009.

The dissertation is devoted increase the firmness to the wear of wheels by improvement the technology of their manufacturing.

The methods of probability theory and mathematical statistics, the regressive analysis, metallografiy methods are used for research influencing of wheels work face coverage in the exploitation.

The complex technology of increase the firmness to the wear of wheels which engages to itself technology of coverings drawing with further heat treatment has been developed.

Qualitative and quantitative technological parameters of formation the firmness to the wear coverings on a basis of hromofosfat have been established. The investigated nature and specificity of new complex processing of a work face of wheels on their operational properties. Theoretically also it is experimentally proved, on an example of a friction pair "wheel-rail" that high quality and properties of a new covering provide increase of work capacity of wheels with increase of their operational characteristics. The executed probes also are carried out calculations of optimum modes of formation new hromofosfat covering $t^0 = 50 \pm 2^{\circ}\text{C}$; $C = 9 \pm 1\%$; $\tau = 35 \pm 5$ minutes. Dependences the firmness to the wear of the superficial layer from temperature, time of endurance and concentration satiating environment are investigated among. Connection between composition and structure of a covering and it firmness to the wear and longevity is established.

Keywords: wheels of the rolling stock, hromofosfatirovanie, firmness to the wear, longevity, operational characteristics, technology.

Федченко Ірина Іванівна

УДК 629.4.027.4

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КОЛІС
СУЦЬЛНОКАТАНИХ РУХОМОГО СКЛАДУ
ХРОМОФОСФАТУВАННЯМ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

к.т.н., доц. Путятіна Л.І.

Підписано до друку «22» лютого 2010 р. формат паперу А5
Папір для тиражу вальних апаратів, друк на різнографі
Умовн.-друк арк. 0,9 Обл.-вид. арк. 1,1
Замовлення № __, тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТу. Свідоцтво ДК № 2874 від 12.06.2007р.
Друкарня УкрДАЗТу:61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7