

сполук на структуру, фізико-механічні та службові властивості покриттів із сплавів. В процесі електрошлакового наплавлення покриттів вкраплення фаз у металевій матриці призводить до підвищення фізико-механічних та експлуатаційних властивостей одержуваних матеріалів.

Висновки:

1. Досліджено вплив модифікування легуючого порошку $\text{Si}_3\text{N}_4+\text{FeSi}_2+\text{Si}$ при електрошлаковій наплавці на структуру та властивості покриттів, що наносяться на маловуглецеву низьколеговану сталь 09Г2С.

2. Використання методу електрошлакового наплавлення покриттів, наплавлених з легуючим порошком $\text{Si}_3\text{N}_4+\text{FeSi}_2+\text{Si}$, дозволяє підвищувати більше двох разів зносостійкість наплавлених покриттів на поверхню сталі 09Г2С.

1. Латаш Ю.В., Медовар Б.И. Электрошлаковый переплав.-М.: Метал- лургия, 1970.- 240с.
2. Электрошлаковая сварка и наплавка / Под ред. Б.Е.Патона. - М.: Машиностроение, 1980. – 511с.
3. Сушук-Слюсаренко И.И., Лычко И.И., Козулин М.Г. и др. Электрошла- ковая сварка и наплавка в ремонтных работах. – Киев: Наукова думка, 1989. – 192с.

УДК 669.056.9

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ БАГАТОШАРОВИХ ПОКРИТТІВ ПАРООКСИДУВАННЯМ ІЗ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ СОЛЕЙ

STUDY OF THE REGULATORY FORMATION OF MULTILAYER COATINGS BY STEAM OXIDATION FROM AQUEOUS SOLUTIONS OF SALTS

*Д.т.н., проф. Л.А. Тимофеева¹,
аспірант І.П. Козловська¹
аспірант О.С. Гарбуз¹*

¹*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Dr. Sc. (Tech.), professor L.A. Timofeeva¹
post graduate I.P. Kozlovska¹
post graduate O.S. Garbuz¹*

¹*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У вітчизняному машинобудуванні для виготовлення деталей, які працюють в умовах тертя зношування, широко застосовують як сірий легований чавун із пластинчастим графітом, так і високоміцний чавун із графітом кулястої форми, що відповідають вимогам: висока міцність при достатньому запасі пластичності, підвищена теплопровідність, досить високий модуль пружності, підвищена зносостійкість і гарна припрацьовуваність. Однак при тривалій експлуатації чавунні деталі найчастіше не виробляють свого ресурсу через

відмови за рахунок прискореного зношування поверхні, що в основному викликається утворенням точок схоплювання.

Аналіз відомих методів зміцнення робочої поверхні (азотування, сульфидування, сульфоціанування та ін.) показує, що вони трудомісткі, тривалі, вимагають застосування дефіцитних і шкідливих хімікатів та складного устаткування [1]. Для підвищення триботехнічних характеристик поверхневих шарів у роботі пропонується екологічно більш чистий метод хіміко-термічної обробки — парооксидування. Сутність його в тому, що деталі обробляють у середовищі перегрітої пари при температурі трохи нижче $A_{H,C}^1$ чавуну. Поверхневий шар, отриманий таким методом, складається з вюститу та магнетиту. Проведені дослідження показали, що деталі, оброблені паром, мають підвищену зносостійкість. Однак коефіцієнт тертя матеріалу з таким покриттям має високі значення: 0,6-0,4 для чавуну с пластинчастим графітом; 0,8-1,0 для високоміцного чавуну [2].

У зв'язку з цим для забезпечення надійної безвідмовної роботи чавунних деталей, що працюють в умовах тертя та зношування, необхідно на поверхні одержати такий шар, який одночасно забезпечував би гарну та швидку припрацьовуваність, низький коефіцієнт тертя і мале зношування, мав здатність добре втримувати масляну плівку та протистояти задирам і схоплюванню.

Усім цим вимогам може задовольняти багатофазний поверхневий шар, у якому присутні як тверді фази, що сприймають високі тиски, так і м'які складові, які сприяють поліпшенню антифрикційних властивостей чавуну. У той же час для гарного видалення продуктів зношування матеріал поверхневого шару повинен бути відносно крихким.

Поверхневий шар з необхідними властивостями може бути отриманий, якщо його формування буде відбуватися в середовищі перегрітої пари водяного розчину водорозчинних солей, зокрема амонію молібденово-кислого.

При підвищеній температурі в контакт з металевою поверхнею відбувається дисоціація розчину та хімічних сполук з утворенням атомарних кисню, сірки, азоту, молібдену. Елементи адсорбуються поверхнею, збільшують зносостійкість і поліпшують припрацьовуваність. Так як основне робоче середовище — перегріта водяна пара, то і температурний режим цього процесу може бути тим же, що і для парооксидування чавуну: нагрівання до $600^{\circ}\text{C} \pm 20$, час витримки не повинний бути більш 1 години (за цей час встигає утворитися багатошарове покриття, що містить оксиди, нітриди та сульфіди)[3].

Для встановлення закономірностей формування поверхневого шару у роботі досліджена обробка чавунів (сірого СЧ-ХНМ) і високоміцного з перлітною матрицею паром, отриманим з 20 % водяного розчину амонію молібденово-кислого. Обробку вели протягом 40 хв при 600°C . За цей час утворювався шар товщиною ~ 20 мкм. Формування поверхневого шару відбувалося не тільки на металевій основі, але і по границях графіту як пластинчастого, так і глобулярного, що виходить на поверхню металу без розриву суцільного шару. Така будова забезпечує необхідний комплекс

властивостей чавуну, працюючого в умовах тертя та зношування. У тому випадку, якщо графіт викришується в процесі тертя, починає працювати шар, що сформувався під включеннями, що викришилися. М'які складові згладжують на поверхні нерівності, що утворилися.

Поверхневий шар для чавуну із пластинчастою та кулястою формою графіту складається з декількох підшарів, верхній з яких містить в основному більш м'які складові. Нижній підшар, прилеглий до металевої основи чавуну містить переважно тверді складові. Розподіл хімічних елементів змінюється за товщиною шару. Максимальна концентрація Мо, N, С спостерігається у верхніх шарах. Вказана будова поверхневого шару чавуну забезпечує при низьких значеннях коефіцієнту тертя підвищену зносостійкість і покращену припрацьовуваність [3].

Таким чином, зменшення інтенсивності зношування чавуну може бути досягнуте застосуванням комплексної обробки з дифузійним насиченням поверхні в середовищі водяної пари декількома елементами, у тому числі сіркою, азотом та іншими. При зазначеній обробці формується шар, який містить одночасно м'які і тверді складові, що сприяє поліпшенню припрацьовуваності, зносостійкості та зменшенню коефіцієнта тертя.

1. Timofeeva, L.A/ Surface modification of machine parts made of iron– carbon alloys operating under conditions of friction and wear / L.A. Timofeeva, S.S. Timofeev, A.Y. Dyomin et al. // J. of friction and wear. – 2018. Vol. 39, No. 3, pp. 283–289.

2. Тимофеева Л.А., Устенко О.В., Цап О.І., Волошина Л.В. Підвищення експлуатаційних показників фрикційних клинів шляхом формування покриттів зі спеціальними властивостями//Збірник наукових праць УкрДУЗТ, –Харків: УкрДУЗТ. – 2019. -Випуск 185. – с.88-95. (НБД Index Copernicus)

3. Тимофеева Л. А., Тимофеев С. С., Волошина Л. В., Колесник М. А. Підвищення трибологічних властивостей поверхневого шару чавуну за допомогою оброблення в середовищі перегрітої пари водяного розчину солей. Вісник ХНАДУ, вип. 94, 2021. С.123-127. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2021.94.0.123

УДК 669.056.9

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКРИТТІВ МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

RESEARCH OF MULTIFUNCTIONAL COATINGS

*Д.т.н., проф. С.С. Тимофеев¹,
аспірант М.А. Колесник,¹*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*Dr. Sc. (Tech.), professor S.S. Timofeev¹
post graduate M.A. Kolesnyk¹*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

В процесі експлуатації поверхні деталей транспортного призначення втрачають свої вихідні експлуатаційні властивості, що веде до виникнення