

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ФОРМУВАННЯ БАГАТОШАРОВИХ
ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВАХ**

**STUDY OF THE MECHANISM OF THE FORMATION OF MULTI-LAYER
PROTECTIVE COATINGS ON IRON-CARBON ALLOYS**

*Канд.техн.наук, ст.викладач Л.В. Волошина¹,
Канд.техн.наук, доцент Д.І. Волошин¹,
Dr. hab. inż., prof. uczelni, Zbigniew Krzysiak²,
Студент Є.В. Чичин¹*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)

²University of Life Sciences in Lublin (Poland)

*PhD(Tech.), senior teacher L.V. Voloshyna¹,
PhD(Tech.), associate professor D.I. Voloshyn¹,
Dr. hab. inż., prof. uczelni, Zbigniew Krzysiak²,
Student E.V. Chychyn¹*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²University of Life Sciences in Lublin (Poland)

В останні роки все більшу увагу привертають дифузійні захисні покриття, які наносяться на сталь, чавун, та інші матеріали з метою запобігання зношуванню в спряжених деталях [1].

Дифузійні покриття мають суттєві переваги в порівнянні з іншими видами покриттів, тому що міцність зв'язку їх з основним металом в результаті проникнення речовини, що наноситься, в кристалічну решітку оброблюваного матеріалу значно перевищує міцність зв'язку інших видів покриттів. Крім того, поступове зниження концентрації нанесеної речовини по глибині покриття створює менш різку зміну властивостей при переході від основного матеріалу до зовнішньої поверхні дифузійного шару [2].

Дослідження [3] також показали, що можливість утворення дифузійних покриттів на залізі та залізовуглецевих сплавах визначається передусім різницею в розмірах атомних діаметрів заліза і речовини, що наноситься. Таким чином, дослідження умов формування дифузійних покриттів [4] повністю підтвердили, що для протікання процесу утворення дифузійних покриттів необхідні наступні фізико-хімічні умови: атомний діаметр дифундуючої речовини не повинен перевищувати атомного діаметру заліза більше ніж на 15 – 16%.

З точки зору підвищення зносостійкості та покращення триботехнічних властивостей, на даний час значну увагу приділяють тим, покриттям, до складу яких входять такі елементи як хром, алюміній, фосфор. Однак, одночасно в одному технологічному циклі забезпечити присутність алюмінію, хрому та фосфору було неможливо. Цього можна досягнути за рахунок того, що

перераховані вище елементи входять до складу однієї речовини. Зв'язуюче алюмохромфосфатне за [3] являє собою водний розчин кислих фосфорнокислих солей алюмінію та трьохвалентного хрому. Хімічна формула $\text{CrAl}_3(\text{H}_2\text{PO}_4)_x$.

Особливістю формування запропонованих покриттів [4] є те що, структура покриття складається з декількох зон (рис.1). Перша зона - утворюється безпосередньо біля матриці і складається з хімічних елементів, що входять до складу матриці. Беручи до уваги дані рентгеноспектрального аналізу її склад можна інтерпретувати як суміш оксидів заліза. Друга зона – синтезована зона компонентів зони 1 і 3. Має явно виражену кристалічну будову і характеризується певною направленістю – стовбчаста структура. Третя зона – містить хімічні елементи, що входять до складу насичуючого середовища. Ця зона має крупнозернисту рівновісну структуру [2]. Покриття формується на основі зустрічної дифузії - ефект Кіркендалла [4].

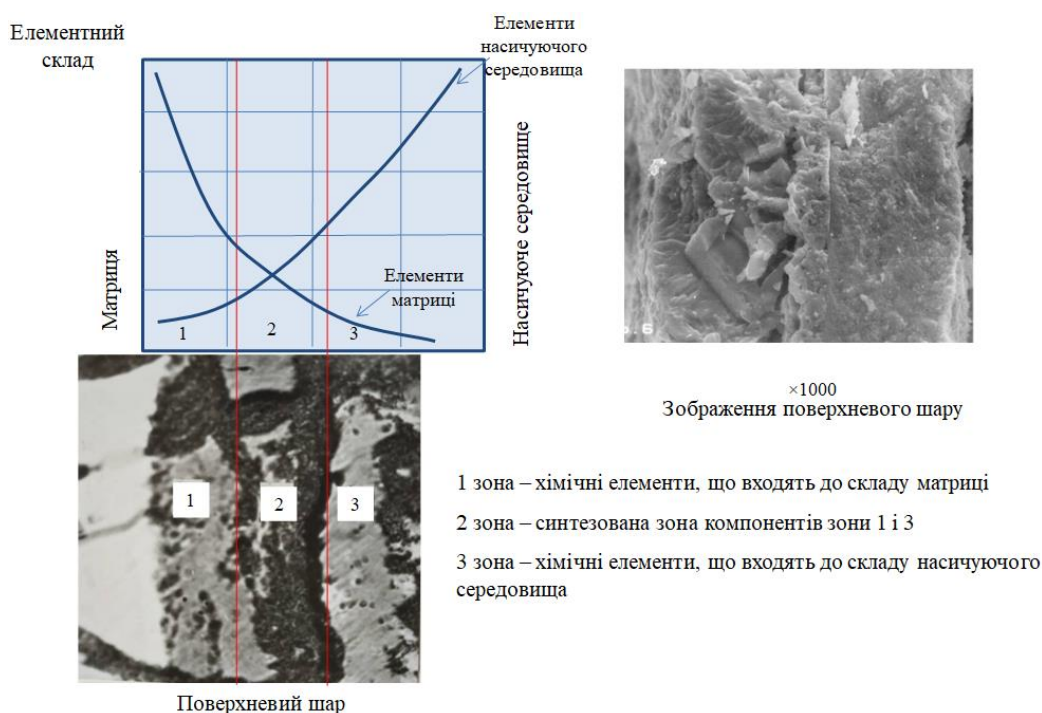


Рис.1. Схема розподілення хімічних елементів по товщині поверхневого шару

В результаті цього сформоване покриття має комплекс властивостей особливістю якого являється те, що кожний шар сформованого покриття має певні визначені властивості. Перший шар має антифрикційні властивості, що забезпечує приробітку пар тертя. Другий шар має підвищену зносостійкість.

[1] Волошина, Л.В. Визначення та оптимізація параметрів нової технології залежно від заданих властивостей покриття / Л.В. Волошина // 36. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 134. – С. 224–229.

[2] Волошина, Л.В. Аналіз технологічних параметрів процесу нанесення зносостійкого покриття / Л.А. Тимофєєва, Л.В. Волошина, П.М. Гордієнко // 36. наук. праць УкрДУЗТ. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – Вип. 170. – С. 13–19.

[3] Волошина Л.В. Методи підвищення зносостійкості деталей транспортного призначення. *Інженерія поверхні та реновація виробів: Матеріали 22-ї Міжнародної науково-технічної конференції, 15–16 червня 2022 р.* – Київ: АТМ України, 2022. С.27– 28

УДК 539.23+621.793.79

СТРУКТУРНІ ЗМІНИ У АУСТЕНІТНІЙ СТАЛІ З ПОКРИТТЯМ НІТРИДУ ХРОМУ ПРИ ДІЇ ДИФУЗІЙНОГО АГЕНТУ І ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

STRUCTURAL CHANGES IN AUSTENITIC STEEL COATED WITH CHROMIUM NITRIDE UNDER THE INFLUENCE OF A DIFFUSION AGENT AND HIGH TEMPERATURES

*С.А. Князєв, канд. техн. наук; В.В. Субботіна, доктор техн. наук;
Г.О. Князєва PhD; Д.О. Педченко; О.В. Сосонний*
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків)

*S. Kniaziev, PhD (Tech.), V. Subbotina D. in Engineering, Ph.,
H. Kniazieva, PhD (Tech.), D. Pedchenko, O. Sosonnyi*
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (Kharkiv)

З розвитком технологій, стає все більше і більше не раціонально використовувати "цільні" метали в різних галузях, наприклад, у мікроелектроніці або енергетиці. На заміну прийшли різні покриття. Такий метод дає змогу отримати чудовий захист від корозії, ерозії або може використовуватися як дифузійний бар'єр.

На даний момент існує досить велика кількість методів отримання тонких плівок, як захисних бар'єрів. Основними типами є: PDV (physical vapor deposition) фізичний метод випаровування; CDV (chemical vapor deposition) хімічні методи випаровування; VDS (vapour deposition solidification) процес - являє собою вакуумний процес нерівноважної конденсації з пари рідкої фази з її подальшим затвердінням [1, 2].

Одним із методів нанесення покриттів, який не погано себе показує в категорії - ціна/якість є катодне розпилення. Отримані в присутності азоту нітридні покриття забезпечують широке варіювання структури матеріалу шляхом зміни розміру зерен, кристалографічної орієнтації, дефектів решітки, текстури, а також фазового складу і мікроструктури поверхні і потенційно можуть бути використані в якості дифузійних бар'єрів.

В якості матеріалу досліджень, на якому проводився експеримент, було обрано сталь AISI 304. На одній стороні нанесено тонкий шар нітриду хрому, друга сторона вільна від нього. В якості агента, що дифундує було обрано бор. Дифузія відбувається в окисному середовищі термічної печі при температурі 1100 °С, протягом 5 годин.

Мікротвердість отриманих покриттів нітриду хрому становить 16 - 26 ГПа. Товщина шару 23 мкм (рис. 1 а).