

УДК 620.197

Рожепа В.М., Фешенко М.С., студенти гр.2Т1

Науковий керівник: Полонська О.А., викладач хімії

ДВНЗ «Дніпровський коледж залізничного транспорту та транспортної інфраструктури», м. Дніпро, Україна

## ВИЗНАЧЕННЯ ГЛИБИННИХ ПОКАЗНИКІВ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ХІМІЧНОЇ КОРОЗІЇ ВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ

**Постановка та актуальність проблеми:** Переважна більшість деталей рухомого складу залізниць виготовлена з різних марок вуглецевої сталі. Сталі, які містять від 0,7 до 0,82% вуглецю, в основному використовуються для виготовлення рейок (Р-50 та Р-65), бандажів для колісних пар і суцільнокатаних колісних пар, осей для колісних пар та в шестернях зубчатої передачі тягових двигунів. Як відомо, більшість металів при високих температурах нестійкі по відношенню до кисню: на їхній поверхні утворюються оксидні плівки, що значною мірою знижують корозійну стійкість металів і сплавів. Отже деталі та вузли вагонів і локомотивів, що зазнають тертя та нагріваються до високих температур, піддаються корозійному руйнуванню. Дослідження корозійних процесів, вивчення факторів впливу на процес та пошук ефективних засобів захисту від корозії залишається надзвичайно актуальним.

**Метою нашої роботи** є дослідження методом візуального спостереження змін кольору оксидних плівок на зразках вуглецевої сталі при підвищених температурах, визначення швидкості утворення оксидних плівок синього кольору при різних температурах і визначення глибинних показників хімічної корозії вуглецевої сталі.

**Методологія дослідження.** Товщина оксидних плівок, що утворюються на поверхні сталевих деталей при нагріванні в процесі їх експлуатації може змінюватися в дуже широких межах. Прийнято розрізняти тонкі, середні і товсті плівки. Товщина тонких плівок – від мономолекулярної до 0,04 мкм. Такі плівки на металі невидимі і їх наявність може бути встановлена оптичними методами або за допомогою радіоактивних індикаторів. Товсті плівки мають товщину більше 0,5 мкм і видні неозброєним оком. Товщина середніх плівок (0,04 – 0,5 мкм) порівнянна з довжиною хвилі видимих світлових променів (0,04 – 0,75 мкм). Ці плівки є видимими завдяки інтерференційному фарбуванню, тобто виникненню так званих кольорів мінливості. Кольори мінливості виникають найчастіше при окисненні, в результаті термічної обробки металів. Зазвичай, при швидкому нагріванні, вони змінюють один одного, в типовій послідовності: світло-солом'яний, золотистий, пурпурний, фіолетовий, синій та сірий. Інтерференційні кольори мінливості дозволяють визначити товщину отримуваних на металі плівок. Такі вимірювання були проведені. В таблиці 1 приведені дані, що є товщиною оксидних плівок на залізі, на якому отримані кольори мінливості при нагріванні зразка на повітрі.

Таблиця 1 – Характеристика товщини оксидних плівок на залізі, на якому отримані кольори мінливості при нагріванні зразка на повітрі

Товщина оксидних плівок на залізі	
Колір плівки	S, мкм
жовтий	0,046
оранжевий	0,052
червоний	0,058
фіолетовий	0,068
синій	0,072

Знаючи товщину оксидної плівки і тривалість процесу окиснення, можна розрахувати швидкість утворення плівки та визначити глибинний показник хімічної корозії.

Об'єктом дослідження були 3 зразки вуглецевої сталі. Поверхня зразків перед проведенням дослідів була очищена від слідів корозії і забруднень шляхом шліфування, полірування та знежирена спиртом. Експеримент проводився на електроплитці з термічним екраном для отримання стабільної температури (рис. 1а). Для вимірювання температури використовувався тестер з підключеною до нього термопарою (рис. 1б). Зразки були нагріті на електроплитці до температур 195°C, 260°C і 315°C. Потрібно відзначити, що поверхня зразків під час дослідів змінювала колір нерівномірно, оскільки неможливо було забезпечити рівномірне прилягання всього зразка до поверхні електроплитки. Також не зовсім рівномірним був нагрів різних ділянок самої плитки. Тому зразки розміщувались на електроплитці на одному і тому ж місці, а час появи певного забарвлення фіксувався для ділянки зразка, де забарвлення з'являлось в першу чергу (Рис. 1в). На (Рис. 1г) наведено фото зразка сталі після проведення процесу окиснення.



а б в г

Рисунок 1– Обладнання для дослідження процесу утворення оксидних плівок на сталі: а – електроплитка з термічним екраном, б – тестер з термопарою, в – зразок сталі під час вимірювання, г – поверхня зразка після проведення процесу окиснення

**Основні результати досліджень.** Для найбільш товстої плівки синього кольору розраховано швидкість утворення плівки для різних температур окиснення. Для цього знаходилась частка від ділення товщини плівки ( $72 \text{ нм} = 7,2 \cdot 10^{-5} \text{ мм}$ ) на час її формування в годинах. Отримані результати перераховані в глибинні показники корозії шляхом визначення їх добутку на число 8760 (кількість годин на рік). Отримані результати наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Показники корозії для плівки синього кольору

Температура, °C	Час формування плівки,		Швидкість утворення плівки, мм/годину	Глибинний показник корозії, мм/рік
	сек	годин		
200	2700	0,750	$9,6 \cdot 10^{-5}$	0,8
260	76	0,021	$3,4 \cdot 10^{-3}$	29,9
315	23	0,006	$1,1 \cdot 10^{-2}$	98,7

Порівнюючи отримані глибинні показники корозії з групами стійкості матеріалів за 10 бальною шкалою (таблиця 3) можна стверджувати, що при температурі 200°C вуглецева сталь є понижено стійкою (7 бал за шкалою), а при температурах 260°C та 315°C вона нестійка (10 бал за шкалою).

Таблиця 3 – Групи стійкості матеріалів за 10 бальною шкалою

Група стійкості	Швидкість корозії, мм/рік	Бал
I. Дуже стійкі	< 0,001	1
II. Вельми стійкі	0,001...0,005	2
	0,005...0,01	3
	0,01...0,05	4
III. Стійкі	0,05...0,1	5
	0,1...0,5	6
IV Пониженої стійкості	0,5...1,0	7
	1,0...5,0	8
V. Малостійкі	5,0...10,0	9
VI. Нестійкі	> 10,0	10

### Висновки та перспективи використання результатів дослідження:

1. Шляхом вивчення динаміки утворення кольорів мінливості на зразках з вуглецевої сталі визначено швидкість утворення оксидної плівки синього кольору на їх поверхні в залежності від температури.

2. Розраховано глибинні показники хімічної корозії і з'ясовано, що при 200°C вуглецева сталь є понижено стійкою, а при більш високих температурах – нестійкою.

3. При експлуатації рухомого складу залізниць бажано уникати або попереджувати нагрівання деталей та вузлів внаслідок тертя до температури 200°C і більше, оскільки це знижує їх корозійну стійкість.

### Перелік посилань

1. Алімов В. І., Дурягіна З. А.. Корозія та захист металів від корозії. Донецьк – Львів: ТОВ «Східний видавничий дім». – 2012. – 328 с.

2. Мала гірнича енциклопедія: у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д.: Східний видавничий дім, 2004—2013.

3. Побежалость стали // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). – СПб., 1890—1907.