

УДК 621.921:621.81.004:620.178.16

## **КОРОЗІЙНА ТРИВКІСТЬ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПІСЛЯ РІЗНИХ ВИДІВ СТРУМИННО-АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ**

О. Калахан, д.т.н.,

С. Ковалишин, к.т.н.

*Львівський національний аграрний університет*

Тел. (0619) 42-04-42

**Анотація** - досліджено корозійно-електрохімічну поведінку конструкційної вуглецевої сталі Ст3 після різних видів піскоструминної обробки – абразивно-струминної, надзвукової термоабразивної та гідропневмоабразивної в дистильованій воді, 3%-му розчині хлориду натрію з різним рН (2,2; 6,4; 10,25) та кислому дощі за температури 20°C та швидкості розгортки потенціалу 2 мВ/с потенціодинамічним поляризаційним методом. Показано, що високі корозійні властивості гідропневмоабразивно обробленої поверхні забезпечують захист металу від корозії протягом 1,0-1,5 доби, що збільшує часовий інтервал між завершенням підготовки поверхні та її фарбуванням.

**Ключові слова** - сталь, піскоструминна обробка, корозивні середовища, корозійний процес, поляризація, потенціали корозії, струми корозії.

*Постановка проблеми.* Під час ремонту сільськогосподарської техніки виникає потреба у видаленні з поверхонь її деталей старого лакофарбового покриття, а також підготовки поверхні металу до фарбування. Існує кілька способів видалення з виробів старого лакофарбового покриття: *механічний* (абразивними матеріалами, щітками, скребками), *термічний* (обробка поверхні виробу полум'ям газових горілок) і *хімічний*. Обробка поверхні конструкцій перед їх пофарбуванням регламентується нормативними документами (ISO 8501-1, ДСТУ 9.402–2004), однак тільки з погляду забезпечення необхідного ступеня очищення поверхні. При цьому не враховується зміна структурно-напруженого стану поверхні, який суттєво впливає на корозійну тривкість, довговічність виробу. Різні види та режими струминно-абразивної обробки по-різному впливають на зміну фізико-механічних властивостей поверхні незахищеного металу, його

напружений стан. Тому дослідження взаємозв'язку параметрів обробки та корозійно-електрохімічних властивостей поверхонь елементів конструкції сільськогосподарської техніки мають важливе значення.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Механічні методи широко застосовують для підготовки металевих поверхонь під різні види покриттів (пофарбування, гальванопокриття) [1–4]. Зняття шару поверхні металу в промислових умовах можливе піском, металевими стружками, дробом або дрібним абразивом [1–2]. Перераховані методи ефективні для усунення твердих забруднень та зняття тонкого шару металу. Однак, експериментальні дані про вплив різних обробок на зміну корозійних властивостей поверхонь з часом, відсутні.

Поверхневий шар завжди містить у собі відбиток змін, пов'язаних із всією сукупністю операцій із його отримання [5–7]. Яким тонким би не був змінений поверхневий шар, він завжди впливає на потенціодинамічні електрохімічні криві [6], оскільки при їх фіксуванні стравлюється шар приблизно 2 мкм [8]. Тому найефективніше застосовувати електрохімічні методи для фіксації та ідентифікації змін у тонких поверхневих шарах викликаних, зокрема, різними способами очищення поверхні.

Пружно-пластична деформація поверхневого шару в процесі механічного очищення викликає зміни структурно-чутливих фізико-механічних і хімічних властивостей металу поверхневого шару, порівняно з вихідним його станом [7]. Взаємозв'язок параметрів фізичного стану поверхневого шару з експлуатаційними властивостями металів [5–6] вивчений мало.

*Постановка завдання.* Метою роботи було дослідити вплив різних видів струминно-абразивної обробки поверхні на корозійну тривкість вуглецевої конструкційної сталі Ст3 у середовищах різної агресивності.

*Виклад основного матеріалу.* Досліджували сталь Ст3 після різних видів струминно-абразивної обробки – піскоструминної, надзвукової термоабразивної та гідропневмоабразивної [5]. Корозійно-електрохімічні властивості струминно-абразивно оброблених поверхонь сталі у дистильованій воді, 3%-му розчині хлориду натрію з різним рН (2,2; 6,4; 10,25) та кислому дощі за температури 20°C та швидкості розгортки потенціалу 2 мВ/с оцінено потенціодинамічним методом [8]. Електрод порівняння – хлоридсрібний типу ЭВЛ-1М1.

Електрохімічна оцінка корозійної активності поверхні зразка зі сталі Ст3 без (рис. 1) та за наявності обробки (рис. 2) засвідчила значну зміну електрохімічної та корозійної поведінки поверхонь (табл. 1).

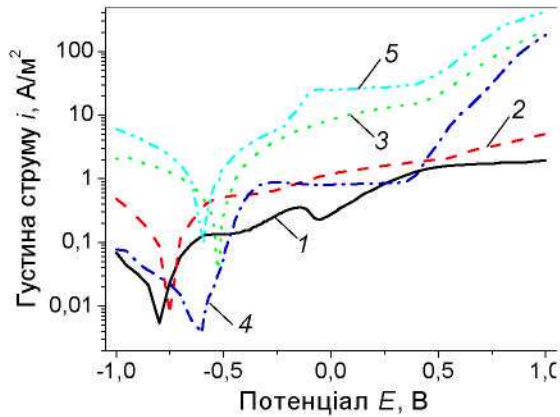


Рис. 1. Поляризаційні криві вихідної поверхні сталі Ст3 у дистильованій воді (1), кислому дощі (2) та в 3%-му розчині NaCl із різним рН: рН 6,4 (3); рН 10,25 (4); рН 2,2 (5)

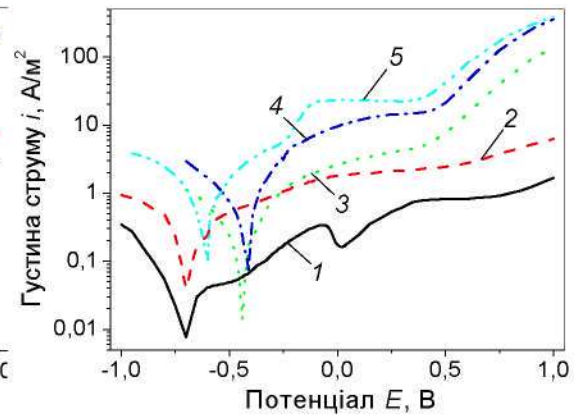


Рис. 2. Поляризаційні криві гідропневмоабразивно обробленої поверхні сталі Ст3 у дистильованій воді (1), кислому дощі (2) та в 3%-му розчині NaCl із різним рН: рН 6,4 (3); рН 10,25 (4); рН 2,2 (5)

Аналіз результатів (рис. 1, рис. 2) засвідчив, що характер зміни корозійних властивостей поверхонь за зміною потенціодинамічних кривих без та за наявності обробки однотипний у досліджених середовищах. Найвищі корозійні властивості поверхні проявляють у дистильованій воді (табл. 1). В середовищі кислого дощу вони проміжні. Потенціал корозії ( $E_{кор}$ ) поверхні зміщується в область негативних значень потенціалу ( $\sim 0,4$  В), зростають густини струмів корозії ( $i_{кор}$ ). Найагресивнішим середовищем є хлоридне, а його вплив значно залежить від рН.

Таблиця 1.

Вплив гідропневмоабразивної обробки поверхні на корозійну тривкість сталі Ст3 у різних середовищах

Корозійні характеристики	Стан поверхні	3 % р-н NaCl			Дисти-льована вода	Кислий дощ
		рН 2,2	рН 6,4	рН 10,25		
$E_{кор}$ , В	Вихідна	-0,60	-0,54	-0,61	-0,81	-0,77
$i_{кор}$ , МА/М <sup>2</sup>		125	101	3,5	6,4	60,2
$E_{кор}$ , В	Оброблена	-0,59	-0,44	-0,42	-0,70	-0,72
$i_{кор}$ , МА/М <sup>2</sup>		206	19,3	109,9	8,2	57,9

Швидкість корозії в 3 %-му розчині NaCl із рН 2,2 зростає на 25% на вихідній поверхні та в декілька раз ( $\approx 4..4,5$ ) на поверхні після гідроабразивної обробки (рис. 1, рис. 2). Традиційно цей ефект багато авторів приписують залишковим напруженням у металі, які

збільшують схильність до корозії. Але ця інтуїтивна концепція, за визначенням Г.Г. Уліга [9], найімовірніше несправедлива, оскільки залишкова енергія, набута в результаті холодної деформації (за колориметричними даними, як правило  $< 7$  кал/г) недостатня, щоб зумовити значні зміни енергії Гібса. Ймовірно, спостережене збільшення швидкості корозії зумовлене найшвидше сегрегаціями атомів Карбону або Нітрогену на дефектних місцях, утворених внаслідок пластичної деформації, ніж впливом самих дефектів. На цих ділянках воднева перенапруга нижча, ніж на залізі або цементиті і це, можливо, найбільш визначальний фактор. Другорядними факторами є збільшення площі поверхні металу за рахунок ступенів ковзання, дроблення зерен при деформації та переважної їх орієнтації, які можуть підсилювати або послаблювати корозію залежно від того, які саме кристалічні грані зерен фериту, розміщені паралельно поверхні металу.

Найповніше природне середовище характеризує кислий дощ [6]. Тому подальші дослідження з оцінки корозійно-електрохімічної поведінки поверхонь після різних способів їх очищення здійснено в ньому. Проведено порівняльні потенціодинамічні поляризаційні дослідження поверхонь сталі Ст3 після витримки їх у кислому дощі протягом однієї, трьох, п'яти та двадцяти п'яти годин. Зміна  $E_{\text{кор}}$  (рис. 3а) та  $i_{\text{кор}}$  (рис. 3б) неоднозначна. Найбільші зміни  $i_{\text{кор}}$  на оброблених поверхнях простежуються в перші години (0...3 год) (рис. 3б). В початковий момент відліку часу найвищі, порівняно з вихідною поверхнею, значення густини струму корозії на гідропневмоабразивно обробленій поверхні ( $57,9 \text{ mA/m}^2$  проти  $29,5 \text{ mA/m}^2$ ). Мінімальні ж значення густини струму корозії ( $3,91 \text{ mA/m}^2$ ) на поверхні після надзвукової термоабразивної обробки, якій характерний також найменш від'ємний потенціал корозії ( $-0,526 \text{ В}$  проти  $-0,766 \text{ В}$  на вихідній поверхні).

Сканування оброблених поверхонь зразків через 1...3,5 год. витримання в середовищі кислого дощу, виявило суттєве зменшення величин густин струмів корозії на поверхнях. Найменшу корозійну тривкість виявляють, порівняно з вихідною, надзвуково термоабразивно оброблена ( $5,16 \text{ mA/m}^2$  проти  $1,24 \text{ mA/m}^2$ ) та піскоструминно оброблена ( $4,1 \text{ mA/m}^2$ ) поверхні. Найвищі корозійні властивості в гідропневмоабразивно обробленій поверхні ( $0,77 \text{ mA/m}^2$ ). Потенціодинамічні дослідження поверхонь після 25 годин витримки підтвердили вищенаведену закономірність поведінки оброблених зразків (найвища корозійна тривкість у гідропневмоабразивно обробленій поверхні, найнижча – в надзвукової термоабразивної, проміжна – в піскоструминно обробленій) та зафіксували зменшення густин струмів корозії в 2 рази та їх



стабілізацію на рівні  $2,11 \text{ мА/м}^2$ ,  $2,16 \text{ мА/м}^2$  та  $2,79 \text{ мА/м}^2$  відповідно для гідропневмоабразивної, піскоструминної та надзвукової термоабразивної обробок.

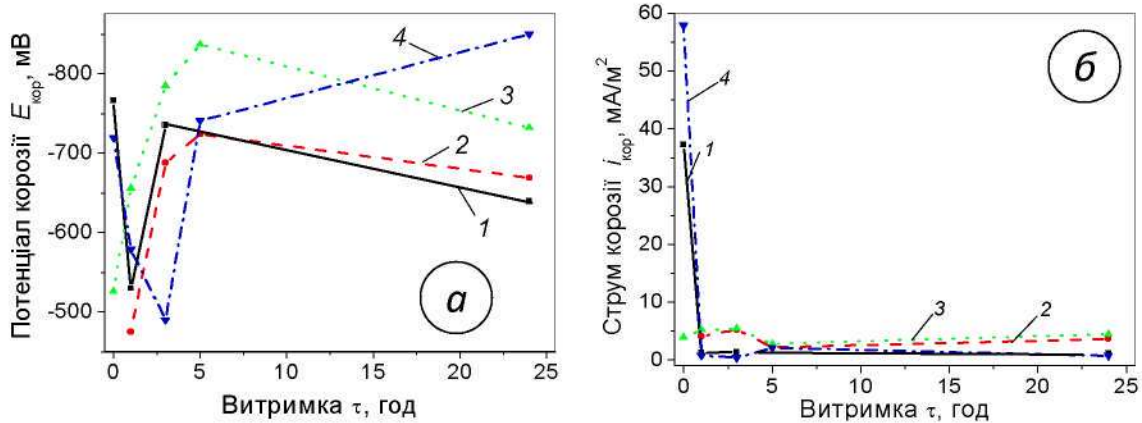


Рис. 3. Зміна потенціалів корозії (а) та густин струмів корозії (б) сталі Ст3 протягом 25 годин після різних видів струминно-абразивної обробки поверхні: 1 – необроблена; 2 – піскоструминна; 3 – надзвукова термоабразивна; 4 – гідропневмоабразивна

Після 25 годин витримки поверхонь у корозивному середовищі виявлено збільшення у 3 рази корозійної тривкості, за величиною густини струмів корозії, гідропневмоабразивно обробленої поверхні, порівняно з вихідною, та її зменшення у 1,6...1,7 рази після надзвуково термоабразивно та піскоструминно оброблених поверхонь. Найбільші зміни густин струмів корозії на оброблених поверхнях фіксуються в перші (0...3 год) години сканування, після цього їх зміна значно менша (5...25 год.). Однак змін черговості корозійної поведінки у ряду корозійної тривкості поверхонь не відбувається. За зміною корозійної тривкості досліджені поверхні розміщуються так: гідропневмоабразивно оброблена < вихідна < піскоструминно оброблена < надзвуково термоабразивно оброблена.

Вплив різних видів струминно-абразивної обробки на корозійну тривкість сталених поверхонь проявляється також візуально на зовнішньому вигляді зразків підданих корозії протягом різного часу витримання в кислому дощі. Після першої години витримання видимі зміни спостережено на вихідній поверхні, після трьох – окрім вихідної, на піскоструминно обробленій поверхні. Після п'яти годин витримання зразків у середовищі кислого дощу спостережено утворення продуктів корозії бурого кольору майже на 90 % поверхонь після піскоструминної та надзвукової термоабразивної обробок. Перекриття продуктами корозії поверхонь після гідропневмоабразивної обробки менше 50 %. Подальша витримка (25 годин) поверхонь у кислому дощі інтенсифікувала вищезазначені

процеси на поверхнях, однак не збільшила покриття поверхні продуктами корозії на зразку після гідропневмоабразивної обробки.

*Висновки.*

1. Оцінено вплив різних видів струминно-абразивної обробки на зміну корозійно-електрохімічної поведінки сталі Ст3, залежно від агресивності середовища. Найвищі корозійні властивості поверхні проявляють у дистильованій воді. В середовищі кислого дощу потенціал корозії зміщується в негативну область значень ( $\sim 0,4$  В) та зростають густини струмів корозії. Найагресивнішими середовищами щодо оброблених поверхонь є хлоридовмістні.

2. За зміною корозійної тривкості оброблені поверхні розміщуються наступно: гідропневмоабразивно оброблена < вихідна < піскоструминно оброблена < надзвуково термоабразивно оброблена. Високі корозійні властивості гідропневмоабразивно обробленої поверхні забезпечують захист металу від корозії протягом 1,0-1,5 доби, що збільшує часовий інтервал між завершенням підготовки поверхні та її фарбуванням.

*Література*

1. Мачевская Р. А. Подготовка поверхности под окраску / Р. А. Мачевская, О. С. Мочалова. – М. : Химия, 1971. – 120 с.
2. Спринг С. Очистка поверхности металлов / С. Спринг. – М. : Мир, 1966. – 350 с.
3. Демкин Н. Б. Качество поверхности и контакт деталей машин / Н. Б. Демкин, Э. В. Рыжов. – М. : Машиностроение, 1981. – 244 с.
4. Виноградов В. Н. Абразивное изнашивание / В. Н. Виноградов, Г. М. Сорокин, М. Г. Колокольников. – М. : Машиностроение, 1990. – 224 с.
5. Технологія очистно-зміцнювальної підготовки поверхні перед нанесенням захисних покриттів / В. І. Похмурський, О. С. Калахан, В. Ф. Чекурін [та ін.] // «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин». Наук. кер. Б.Є. Патон. Зб. пр. – К. : ІЕЗ ім. Є.О. Патона, 2006. – С. 106-110.
6. Вплив методів та режимів поверхневої абразивної обробки на корозійно-електрохімічну поведінку та довговічність сталі Ст3 / О. Калахан, В. Чекурін, Г. Охота [та ін.] // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2006. – Спец. вип. №5, Т.1. – С. 164-171.
7. Похмурский В. И. Коррозионная усталость металлов / В. И. Похмурский. – М. : Металлургия, 1985. – 207 с.
8. Фрейман Л. И. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите / Л. И. Фрейман, В. В. Макаров, И. Е. Брыскин. – Л. : Химия, 1972. – 232 с.

9. Улиг Г. Г. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику / Г. Г. Улиг, Р. У Реву. [Пер. с англ. / Под ред. А.М.Сухотина]. – Л. : Химия, 1989.– 456 с.

## **КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПОСЛЕ РАЗНЫХ ВИДОВ ПЕСКОСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ**

Калахан О. С., Ковалишин С. И.

*Аннотация* - исследованы коррозионно-электрохимические свойства конструкционной углеродной стали Ст3 после разных видов пескоструйной обработки – абразивно-струйной, сверхзвуковой термоабразивной и гидропневмоабразивной в дистиллированной воде, 3%-м растворе хлорида натрия с разным рН (2,2; 6,4; 10,25) и кислотом дожде за температуры 20°C и скорости развертки потенциала 2 мВ/с потенциодинамическим поляризационным методом. Показано, что высокие коррозионные свойства гидропневмоабразивно обработанной поверхности обеспечивают защиту металла от коррозии на протяжении 1,0-1,5 суток, что значительно увеличивает временной интервал между завершением подготовки поверхности и ее крашением.

## **CORROSION RESITANCE OF METAL SURFACES OF AGRICULTURAL MACHINERY AFTER DIFFERENT KINDS OF SAND BLASTING**

O. Kalakhan, S. Kovalyshyn

### *Summary*

Corrosion and electrochemical behavior of carbon constructional steel St3 after different kinds of surface abrasive treatment – abrasive, supersonic thermal abrasive and hydro abrasive blasting in distilled water, 3% NaCl solution with different pH (2,2; 6,4; 10,25) and acid rain was studied at 20°C by potentiodynamic polarization method with 2 mV/s potential scanning rate. It was established that high corrosion resistance of hydro abrasive treated surface ensures the metal protection during 1-1,5 days, increasing the time interval between treatment of the metallic surface and its painting.