

К. М. Храновська, В. Ф. Мазанко, В. П. Бевз, В. О. Носовський

Характеристики покриттів на залізі після електроіскрової обробки у середовищі вуглеводнів

(Представлено членом-кореспондентом НАН України Ю. М. Ковалем)

Методами оптичної мікроскопії та рентгенофазового аналізу досліджено мікроструктуру, мікротвердість та фазовий склад покриттів, одержаних на технічному залізі після електроіскрового легування у середовищі вуглеводнів та на повітрі. Встановлено, що нанесення електроіскрового покриття хромом та титаном більш ефективно проводити у гасі, а цирконієм — у пропан-бутані.

Основною задачею методу електроіскрового легування (ЕІЛ) на сьогодні є побудова єдиної фізичної або математичної моделі процесу, основаної на парадигмі “умови експлуатації — склад — структура — технологія — властивості”. Наявність адекватної процесу моделі надасть можливість свідомо керувати параметрами електроіскрової обробки для отримання поверхневих шарів із покращеним комплексом фізико-механічних характеристик, дозволить одержувати покриття необхідної товщини, твердості та зносостійкості, що буде сприяти збільшенню строку служби деталей машин, механізмів та інструменту [1].

Для побудови моделі процесу ЕІЛ необхідне подальше систематичне дослідження впливу основних технологічних параметрів процесу, в тому числі складу міжелектродного середовища, на структуру та властивості покриттів.

Матеріали та методика експерименту. У роботі досліджено вплив складу міжелектродного середовища (середовища легування) на характеристики покриттів, отриманих при електроіскровому легуванні технічного заліза.

Процес ЕІЛ проводився на стандартній промисловій установці “ЕЛІТРОН-22” при таких параметрах легування: робочий струм — 5 А, напруга — 50 В, енергія одиничного імпульсу — 1 Дж, а тривалість його — 200 мкс. Як аноди було використано тугоплавкі метали Ті, Сг та Zr. Електроіскрову обробку здійснювали у середовищі вуглеводнів (гас, пропан-бутан), для чого було застосовано спеціальні контейнер і камеру [2, 3], та на повітрі.

Рентгеноструктурний аналіз поверхні оброблених зразків проводили в камері РКД у залізному K_{α} випромінюванні. Рентгенограми розшифровували за допомогою картотеки ASTM. Мікротвердість травлених шліфів визначали на мікротвердомірі ПМТ-3 з навантаженням 50 г.

Результати та їх обговорення. З порівняння наведених на рис. 1 кривих мікротвердості можна побачити таку закономірність: для всіх матеріалів, використаних як аноди (Ті, Сг, Zr), найбільша мікротвердість на поверхні спостерігається при нанесенні покриття у гасі, найменша — на повітрі. Даний факт можна пояснити таким чином. Відомо [4], що у гасі міститься більша кількість вуглецю (85–87,5% С), аніж у пропан-бутані та повітрі, через що при легуванні у гасі до приповерхневого шару заліза потрапляє більша кількість вуглецю, ніж при обробці у середовищі пропан-бутану та на повітрі. Внаслідок чого утворюється

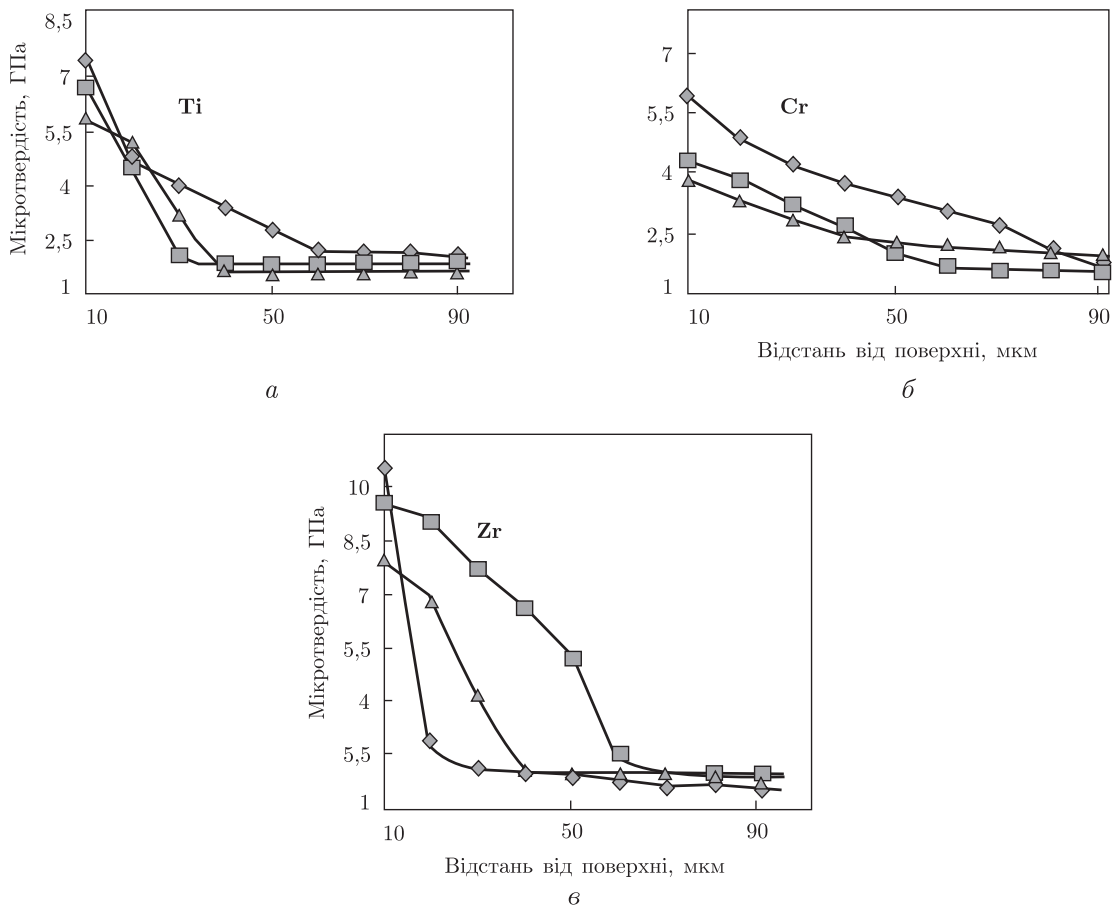


Рис. 1. Мікротвердість поверхневої зони технічного заліза після електроіскрового легування титаном (а), хромом (б) та цирконієм (в) у різних міжелектродних середовищах: ■ — пропан-бутан; ♦ — газ; ▲ — повітря

більша кількість дрібнодисперсних карбідів хрому, титану та цирконію, що підтверджується результатами рентгенофазового аналізу (див. табл. 1). Так, бачимо, що збільшується кількість карбіду хрому Cr_3C_2 при обробці у газі, порівняно із легуванням у пропан-бутані; збільшується кількість карбіду титану TiC при ЕІЛ у газі порівняно із обробкою у пропан-бутані; збільшується кількість карбіду цирконію ZrC при ЕІЛ у газі та зменшується при обробці на повітрі порівняно із легуванням у пропан-бутані.

Аналіз даних табл. 1 свідчить, що найбільшу товщину легованого шару отримуємо при електроіскровій обробці заліза у газі хромовим анодом, найменшу — цирконієвим.

Було проведено розрахунок коефіцієнтів зміцнення легованої поверхні заліза після електроіскрової обробки [5]:

$$K_{\text{зміцн}} = \frac{H_{\mu}^{\text{лш}}}{H_{\mu}^{\text{осн}}}$$

За результатами розрахунку (див. табл. 1) побудовано гістограму коефіцієнта зміцнення технічного заліза, з якої випливає, що найбільше зміцнення отримуємо при нанесенні покриття цирконієвим анодом у середовищі пропан-бутану, найменше — хромовим на повітрі (рис. 2).

Таблиця 1. Товщина легованого шару та фазовий склад поверхневої зони заліза залежно від матеріалу аноду та складу міжелектродного середовища (катод — Fe)

Матеріал аноду	Товщина легованого шару, мкм	Фазовий склад поверхневої зони заліза
Міжелектродне середовище — повітря		
Cr	10–50	FeCr, CrO ₃ , Cr ₇ C ₃
Ti	10–60	Fe ₂ Ti, TiN
Zr	10–50	α-Zr, α-Fe, ZrN, ZrC
Міжелектродне середовище — пропан-бутан		
Cr	10–40	FeCr, CrO ₃ , Cr ₃ C ₂
Ti	10–60	Fe ₂ Ti, α-Ti, TiC
Zr	10–60	α-Zr, ZrO ₂ , ZrC
Міжелектродне середовище — газ		
Cr	10–60	FeCr, Cr, Cr ₃ C ₂
Ti	10–90	Fe ₂ Ti, α-Ti, Fe ₃ C, TiC
Zr	10–30	α-Zr, α-Fe, FeO, ZrC

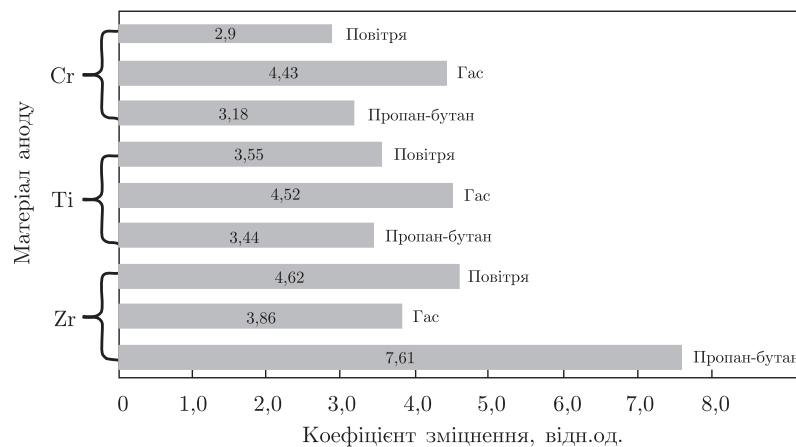


Рис. 2. Гістограма залежності коефіцієнта зміцнення технічного заліза від матеріалу легуючого електрода та складу міжелектродного середовища

Отже, склад міжелектродного середовища істотно впливає на характеристики покриттів, отриманих на технічному залізі при електроіскровому легуванні. Одержані нами результати створюють передумови для побудови фізичної моделі процесу електроіскрової обробки.

1. Астапов И. А., Верхотуров А. Д. Моделирование процесса модифицирования поверхности твердых сплавов методом ЭИЛ // Моделирование систем. – 2007. – № 2. – С. 20–29.
2. Патент 23145 Україна, У МПК (2006) В23Н 9/00. Спосіб поверхневої обробки деталей / В. Ф. Мазанко, К. М. Храновська, О. Є. Погорелов, Є. В. Іващенко. – Опубл. 10.05.2007 р. Бюл. Пром. власність. – 2007. – № 6. – 4 с.
3. Патент 26227 Україна, У МПК (2006) В23Н 9/00, В23Н 5/00. Спосіб електроіскрового зміцнення поверхонь деталей / В. Ф. Мазанко, К. М. Храновська, О. Є. Погорелов, Є. В. Іващенко. – Опубл. 10.09.2007 р. Бюл. Пром. власність. – 2007. – № 14. – 4 с.
4. Герцрикен Д. С., Тышкевич В. М. Тлеющий разряд и инертные газы в металлах. – Київ: ВД “Академперіодика”, 2006. – 280 с.

5. *Верхотуров А. Д., Гордиенко Л. А., Коневцов П. А.* Исследование поверхностных слоев вольфрамо-содержащих твердых сплавов при электроискровом легировании алюминием // *Вопр. материаловедения.* – 2006. – № 3. – С. 52–62.

*Институт металофізики ім. Г. В. Курдюмова
НАН України, Київ*

Надійшло до редакції 16.04.2010

K. M. Khranovskaya, V. F. Mazanko, V. P. Bevz, V. O. Nosovskiy

Characteristics of coats on iron after electric spark treatment in the environment of carbohydrates

Microscopic structures, microhardness, and the phase composition of coats which are formed on technical iron after the electric spark alloying in the environment of carbohydrates and in air are investigated by methods of optical microscopy and X-ray analyses. It is established that the electric-spark plating by chromium and titanium is more efficient in kerosene, and that by zirconium – in the propane-butane medium.