

УДК 534.2

Вплив електроіскрової обробки графітом на елементний склад титанової та мідної підкладок

В. Ф. Мазанко, доктор технічних наук, професор

К. М. Храновська, кандидат технічних наук

С. П. Ворона, В. Л. Зворикін*, Т. В. Юрик

Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, Київ

*Національний технічний університет України «КПІ», Київ

Запропоновано спосіб з'єднання металів з неметалами електроіскровим легуванням без застосування додаткових проміжних прошарків. Методом Оже-електронної спектроскопії досліджено та проаналізовано елементний склад поверхні титанової та мідної підкладок після електроіскрової обробки графітом.

В наш час актуальною залишається проблема отримання якісних з'єднань різномірних металевих матеріалів у твердому стані, які знаходять широке застосування у промисловій практиці. Одним із способів вирішення цієї проблеми є дифузійне зварювання крізь тонкі металеві прошарки з ультрадисперсною структурою [1]. Застосування вказаних прошарків забезпечує високу дифузійну активність, механічну і термічну активацію поверхонь металів у зоні контакту при дифузійному зварюванні.

Ще одним способом з'єднання деталей у твердому стані є паяння [2]. Однак при паянні металів з неметалами практично відсутня хімічна взаємодія між ними внаслідок значної різниці фізико-хімічних властивостей. Тому в процесі паяння використовують спеціальні проміжні прошарки та припої, які містять метали, поверхнево-активні до неметалу (титан, цирконій, нікель при пайці графіту із міддю), що значно збільшує трудомісткість проведення процесу. Нами було розроблено та запатентовано спосіб з'єднання металів з неметалами електроіскровим легуванням (ЕІЛ), який не потребує використання додаткових проміжних прошарків [3], що суттєво підвищує продуктивність процесу.

Метою даної роботи є дослідження елементного складу поверхні титанового та мідного катодів після електроіскрового легування графітовим анодом на повітрі, для чого було застосовано метод оже-електронної спектроскопії. ЕІЛ здійснювали на стандартній промисловій установці «ЕЛІТРОН-22» у режимі: струм короткого замикання – 3 А, кількість імпульсів – один з енергією 6,4 Дж тривалістю 200 мкс. Анодом слугував графітовий електрод діаметром 3 мм. Спектроскопічні дослідження проводили як з поверхні катодів, так і після протравлення її йонним пучком

Нові технологічні процеси і матеріали

(1 хвилина травлення відповідає видаленню шару товщиною ~ 3,3 нм). Співвідношення елементів (таблиця) на поверхні катодів розраховували за інтенсивністю спектрів із врахуванням фактору атомної чутливості для елементів.

Елементний склад титанової та мідної підкладок після електроіскрової обробки графітом

Відстань від поверхні підкладки, нм		Концентрація елементів у підкладці, ат.%								
		Ti	Cu	C	N	O	S	Cl	Ca	Fe
Титанова підкладка	0	5,9	-	59,4	-	26,6	1,9	1,9	4,3	-
	50	56,2	-	11,0	-	32,8	-	-	-	-
	350	72,7	-	12,4	-	14,9	-	-	-	-
	750	85,7	-	8,5	-	5,8	-	-	-	-
Мідна підкладка	0	-	14,5	69,6	4,7	7,3	3,9	-	-	-
	150	-	34,7	27,4	2,6	24,4	3,4	-	-	7,5
	400	-	81,7	7,0	-	11,3	-	-	-	-
	650	-	90,8	-	-	9,2	-	-	-	-

Аналіз Оже-спектрів (рис. 1, 2) показав, що електроіскрове легування досліджуваних зразків призводить до формування на їх поверхні шарів легованих киснем, вуглецем і азотом (для мідної підкладки), які можуть потрапляти з повітря, при іонізації молекул азоту та CO₂ у плазмі іскрового розряду та внаслідок використання при ЕІЛ графітового аноду.

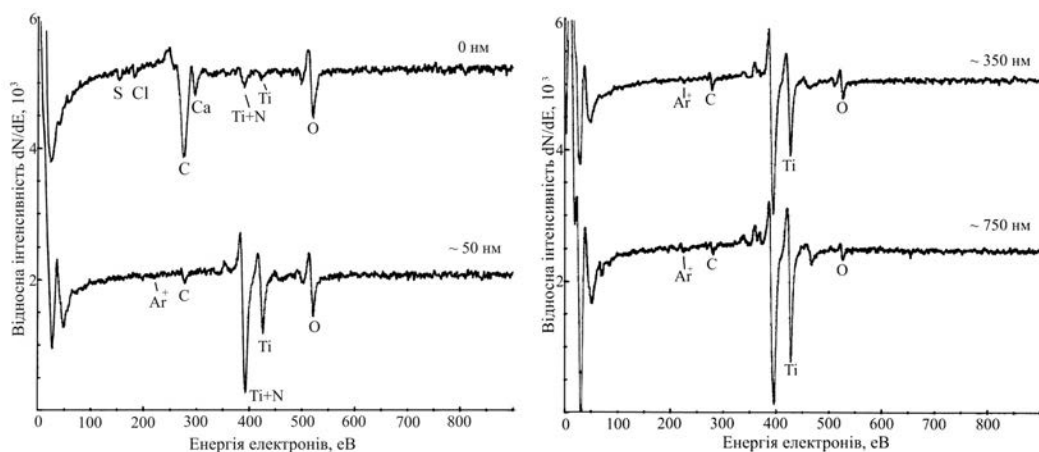


Рис. 1. Оже-спектри, зняті від поверхні титанової підкладки після ЕІЛ графітовим анодом та з глибини 50, 350 та 750 нм від її поверхні.

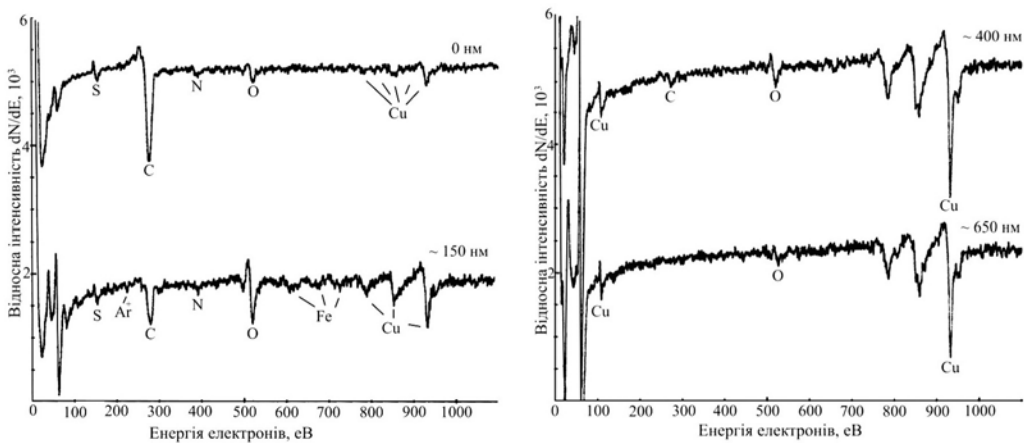


Рис. 2. Оже-спектри, зняті від поверхні мідної підкладки після ЕІЛ графітовим анодом та з глибини 150, 400 та 650 нм від її поверхні.

Однак, в титановій підкладці азот у чистому вигляді не спостерігається, натомість вклад у спектри дає лінія титан + азот (рис. 2). Аналізуючи Оже-спектри титанової підкладки (рис. 2), можна побачити, що, зі збільшенням інтенсивності лінії титану, збільшується і інтенсивність лінії титан + азот, а при подальшому травленні поверхні підкладки лінія титан + азот не дає вкладу в спектр.

Вуглець проникає у титанову підкладку на глибину порядку 750 нм (таблиця), що може бути обумовлено більшою хімічною спорідненістю титану до вуглецю, ніж міді. Ймовірно, внаслідок ЕІЛ міді графітом утворюється метастабільний твердий розчин вуглецю в міді, що є можливим зважаючи на нерівноважні умови процесу електроіскрового легування (температурні градієнти, високі тиски). Вуглець, що дає вклад у спектри після травлення поверхні зразків іонами аргону, вочевидь знаходиться на міжзеренних границях, оскільки його кількість залишається практично незмінною після декількох сеансів протравлювання (7 ат. % на глибині 400 нм для міді; 12,4 ат. % на глибині 350 нм та 8,5 ат. % на глибині 750 нм для титану) . Поява вуглецю на міжзеренних границях підкладок є результатом його дифузії вздовж них в процесі електроіскрового легування.

Значний вміст кисню на поверхні титанової підкладки (26,6 ат. %) може бути пов'язаний із більшою хімічною спорідненістю титану до кисню порівняно з міддю, а також малою розчинністю кисню у міді (0,036 ат. % при 900 °С) [4].

Наявність таких домішок як сірка, хлор, кальцій, залізо може бути обумовлена їх вмістом у зразках ще до проведення процесу електроіскрового легування.

Таким чином, метод електроіскрового легування може бути застосовано при з'єднанні металів з неметалами без додаткового використання проміжних прошарків, що значно підвищує продуктивність процесу з'єднання.

Література

1. Захаров С.М., Цях Р., Ганієв Т.Р. Дифузійні процеси в зоні контакту міді з молібденом // ДАН НАНУ. – 2008. – 6. – С. 97 – 100.
2. Петрунин И.Е. Справочник по пайке. – М. : Машиностроение, 2003. – 433 с.
3. Патент України на корисну модель № 91354, МПК⁶ В23К 20/22, В23К 103/18. Спосіб зварювання міді графітом / В.Ф.Мазанко, К.М.Храновська, С.П.Ворона, Т.В.Юрик . – Бюл. Промислова власність. – 2014. – 12.
4. Мальцев М.В. Металлография промышленных цветных металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1970. – 363 с.

Одержано 25.11.14

В. Ф. Мазанко, Е. Н. Храновская, С. П. Ворона, В. Л. Зворыкин, Т. В. Юрик

Влияние электроискровой обработки графитом на элементный состав титановой и медной подложек

Резюме

Предложен способ соединения металлов с неметаллами посредством электроискрового легирования без использования промежуточных прослоек. Методом Оже-электронной спектроскопии исследован и проанализирован элементный состав поверхности титановой и медной подложек после электроискровой обработки графитом.

V. F. Mazanko, E. N. Khranovskaya, S. P. Vorona, V. L. Zvorykin, T. V. Urik

Influence of electric-spark alloying by graphite on element composition of titanium and copper substrates

Summary

The method of joining metals with non-metals by electric-spark alloying without the use of intermediate layers is proposed. The element composition of the surfaces of titanium and copper substrates after the electric-spark treatment by graphite is studied and analyzed by Auger-electron spectroscopy.