

робочого електрода, у рідкій фазі робочого і допоміжного електродів, у сепараторі або твердому протонному електроліті, а також процеси зарядження подвійного електричного шару та поляризаційної ємності електродів.

**Робота виконана за сприяння Фонду фундаментальних досліджень МОН України, № державної реєстрації 0106U0002443.**

**Список літератури:** 1. В.П. Чвірук, О.В. Лінючева, А.І. Кушмирук, С.В. Нефедов, О.І. Букет, Є.М. Заверач. Електрохімічні газові сенсори для моніторингу повітряного середовища // Вопросы химии и химической технологии. – Днепропетровск: «Новая идеология», 1999. – № 1. – С. 359–361. 2. В.П. Чвірук, В.А. Недашковский, О.В. Лінючева, О.І. Букет. Массоперенос в амперометрических газовых сенсорах // Электрохимия. – М.: МАИК “Наука”. – 2006. – Т. 42, № 1. – С. 80–90.

*Надійшла до редколегії 28.02.08*

УДК 621.357

**Е.А. ВАСИЛЬЕВА, В.А. КРАСИНСКИЙ**, УДХТУ,  
**Т.Е. БУТЫРИНА**, канд. хим. наук, **Ю.Е. СКНАР**, канд. техн. наук,  
**В.С. ПРОЦЕНКО**, канд. хим. наук, УДХТУ

## **ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ СПЛАВА СВИНЕЦ-ОЛОВО ИЗ МЕТАНСУЛЬФОНАТНЫХ РАСТВОРОВ**

Досліджено вплив різних чинників на склад сплаву свинець-олово, що осаджений з електроліту на основі метансульфонатної кислоти. Методом повного факторного експерименту ПФЕ 2<sup>3</sup> отримані рівняння регресії, що адекватно описують залежність вмісту олова в сплаві від умов осадження з електролітів із органічними добавками і без них.

Effect of different factors on content of lead-tin alloys obtained from an electrolyte on the base of methanesulfonic acid is investigated. The method of full factor experiment FFE 2<sup>3</sup> is used for obtaining of regression equations which adequately describe the relation between the electrodeposition condition and the contents of tin in alloys from electrolytes with and without some organic additives.

Гальванопокрытия сплавом Pb-Sn находят широкое применение в современной промышленности. Так, в частности, осадки с содержанием олова ≈10 % используются для улучшения прирабатываемости и защиты от коррозии трущихся деталей подшипников [1]. Осаждение таких сплавов проводится, в основном, из борфторидных электролитов, существенным недостатком

которых является высокая токсичность и агрессивность. В настоящее время в качестве альтернативы активно разрабатываются экологически более безопасные растворы на основе метансульфоновой кислоты (МСК) [2], выгодно отличающиеся отсутствием фторид-ионов, высокими допустимыми рабочими плотностями тока, возможностью снижения концентрации ионов металла в растворе [3]. Оптимизация технологических характеристик осаждения сплавов свинца из растворов на основе МСК сдерживается отсутствием комплексных данных о закономерностях протекания электрохимических процессов в этих системах. Ранее нами определены кинетические параметры реакции электроосаждения свинца из метансульфонатных растворов [4]; установлено влияние органических добавок на катодное осаждение свинца и олова; предложен состав электролита для осаждения сплава Pb-Sn с содержанием олова  $\approx 10\%$  [5].

Целью данной работы было получение зависимости содержания олова в сплаве от состава электролита и условий электроосаждения, для чего использовался метод полного факторного эксперимента (ПФЭ) [6]. В качестве переменных факторов выбраны концентрация  $\text{Sn}^{2+}$  ( $x_1$ ), концентрация МСК ( $x_2$ ) и рабочая плотность тока ( $x_3$ ).

Растворы для осаждения покрытий имели следующий состав, г/дм<sup>3</sup>:  $\text{Pb}^{2+} - 70$ ,  $\text{Sn}^{2+} - 5 \div 15$ , МСК –  $50 \div 150$  (электролит № 1);  $\text{Pb}^{2+} - 70$ ,  $\text{Sn}^{2+} - 5 \div 15$ , МСК –  $50 \div 150$ , композиция органических добавок МСА-1 – 10.0 [5] (электролит № 2).

Покрытия осаждали в гальваностатических условиях на платиновую пластину. Состав сплава определяли методом амперометрического титрования с диэтилдитиокарбаминатом натрия.

Натуральные значения факторов выбраны на основании предварительных экспериментов (табл. 1).

Матрица планирования ПФЭ 2<sup>3</sup> представлена в табл. 2.

Таблица 1

Условия поведения опытов при определении состава сплава

Условия опытов	Натуральные значения факторов		
	$X_1$ , г/дм <sup>3</sup>	$X_2$ , г/дм <sup>3</sup>	$X_3$ , А/дм <sup>2</sup>
Основной уровень	10	100	4
Интервал варьирования	5	50	2
Верхний уровень	15	150	2
Нижний уровень	5	50	6

Матрица планирования эксперимента и результаты

Номер опыта	Кодированные значения факторов			Выходная переменная $\hat{y}$ (содержание олова в сплаве, мас. %)	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Электролит № 1	Электролит № 2
1	-1	-1	-1	0	0.4
2	+1	-1	-1	0.2	1.6
3	-1	+1	-1	0.1	1.8
4	+1	+1	-1	0.5	2.2
5	-1	-1	+1	0.7	7.8
6	+1	-1	+1	8.0	14.8
7	-1	+1	+1	5.2	11.7
8	+1	+1	+1	12.8	19.1

Количество параллельных измерений содержания олова в сплаве составляло 3 в каждом опыте.

Полученные уравнения регрессии с учетом их двойного и тройного взаимодействия (после отбрасывания незначущих коэффициентов и проверки на адекватность) для электролитов № 1 и № 2 соответственно, имеют вид:

$$\hat{y}_1 = 2.2625 - 0.3275x_1 - 0.02025x_2 - 1.28125x_3 + 0.17875x_1x_3 + 0.011125x_2x_3, \quad (1)$$

$$\hat{y}_2 = -0.667 - 0.3208x_1 - 0.0055x_2 + 0.3855x_3 + 0.1802x_1x_3 + 0.00775x_2x_3. \quad (2)$$

Анализ полученной математической модели позволяет прийти к выводу о том, что содержание олова в покрытии увеличивается при возрастании концентрации МСК и ионов Sn<sup>2+</sup> в электролите, а также катодной плотности тока. При этом существенное влияние на выходную переменную (содержание олова) оказывают эффекты совместного взаимодействия факторов.

При всех прочих равных условиях введение в электролит предложенной композиции органических добавок приводит к существенному увеличению содержания олова в сплаве.

Таким образом, использование предложенной математической модели позволяет целенаправленно воздействовать на состав сплавов Pb-Sn и получать покрытия с заданными характеристиками.

**Список литературы:** 1. Ямпольский А.М., Ильин В.А. Краткий справочник гальванотехника. Л.: Машиностроение, 1981. – 269 с. 2. Gernon M., Wu M., Buszta T., Janney P. Environmental benefits of methanesulfonic acid. // Green Chemistry. – 1999. – № 6. – P. 127 – 140. 3. Rosenstein C. Methane Sulfonic Acid as an Electrolyte for Tin, Lead and Tin-Lead Plating for Electronics. // Metal Finishing.

– 1990. – № 1. – Р. 17 – 26. **4.** Васильєва О.О., Бутиріна Т.Є., Проценко В.С. Данилов Ф.Й. Електроосадження свинцю з метансульфонатних електролітів. // Вопросы химии и химической технологии. – Днепропетровск: «Новая идеология», 2008. – № 2. – С. 25 – 29. **5.** Васильєва О.О., Бутиріна Т.Є., Проценко В.С., Скнар Ю.Б. Вплив полімерної добавки на електроосадження сплаву Pb-Sn з метансульфонатного розчину. // Тези доп. III Міжнародної науково-технічної конф. студентів, аспірантів та молодих вчених „Хімія і сучасні технології”. Дніпропетровськ, УДХТУ, 22 – 24 травня 2007 р. – Дніпропетровськ, 2007. – С. 47. **6.** Бондарь А.Г., Статюха Г.А., Потяженко И.А. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии (алгоритмы и примеры): учебн. пособие. – К.: Вища шк., 1980. – 264 с.

*Поступила в редколлегию 08.04.08*

УДК 541.135:620.197

**Ю.П. ВИШНЕВСЬКА, Ю.В САВЧЕНКО,  
Д.А. ТКАЛЕНКО**, докт. хім. наук, НТУУ «КПІ»

## **ПРО ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ КОМПЛЕКСОУТВОРЕННЯ НА КОРОЗІЙНУ ПОВЕДІНКУ МЕТАЛІВ В КИСЛИХ СЕРЕДОВИЩАХ**

Проаналізовано випадки, коли швидкість корозії металів знижується при введенні у агресивні середовища органічних речовин, здатних утворювати комплексні сполуки з катіонами металу, що піддається корозії. Показано, що гальмування корозії досягається завдяки формуванню на поверхні металу шарів з малорозчинних металоорганічних сполук, які перешкоджають безпосередньому контакту металу з компонентами середовища. Рекомендовано при виборі органічних інгібіторів такого типу використовувати два критерії: константу стабільності утворюваного металокомплексу та розчинність такого комплексу у досліджуваному розчині.

Cases was analyzed, when metal corrosion rate decrease at introduction to the aggressive mediums of organic substances, able form complex compounds with cations of corroding metal. It is shown that corrosion braking is achieved due to forming on the metal surface of layers from little soluble metalloorganic compounds, which hinder the direct contact of metal with the components of environment. It is recommended at the choice of organic inhibitors of such a type to use two criteria: the stability constant of formed complexes and solubility of such complexes in the explored solution.

**Вступ.** Корозійне руйнування металів призводить не тільки до їх втрат, але через руйнування металевих конструкцій воно часто є причиною екологічних катастроф. Тому розробці методів боротьби з корозією приділяється