

*Л.П. Милешко, Е.Е. Нестюрина, А.С. Хлебинская*  
(Южный федеральный университет; e-mail: mileskho.leon@yandex.ru)

## **АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ АНОДНОГО ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЯ**

*Предложен критерий потенциальной экологической опасности электролита для анодного окисления металлов и полупроводников, который позволяет осуществлять выбор состава электролита с максимальной степенью экологической безопасности технологического процесса анодирования в производстве изделий с анодными оксидными пленками.*

*Ключевые слова: анодное окисление алюминия, экологическая безопасность.*

## **L.P. Mileskho, E.E. Nestyurina, A.S. Khlebinskaya ANALYSIS OF ECOLOGICAL ELECTROLYTES FOR THE ANODIC OXIDATION OF ALUMINUM**

*The criterion of the potential environmental hazard of the electrolyte for the anodic oxidation of metals and semiconductors, which enables the selection of the electrolyte composition with a maximum degree of environmental safety anodizing process in the manufacture of products with anodic oxide films.*

*Key words: anodic oxidation of aluminum, environmental security.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 25 декабря 2013 г.

**Анодные оксидные пленки (АОП)** металлов и полупроводников широко применяются в технологии производства радиоэлектронной и другой аппаратуры [1-3], так как при помощи анодного оксидирования можно изменять такие свойства их поверхности, как прочность, твердость, износостойкость, термостойкость, изоляционные характеристики и т.д.

В настоящее время известно большое количество составов электролитов для анодного оксидирования алюминия, однако методические указания по их выбору с учетом потенциальной экологической опасности [4, с. 64] до сих пор отсутствуют.

Исходя из общих соображений обеспечения экологической безопасности [5] процессов анодирования металлов и полупроводников, общие требования к электролитам можно сформулировать следующим образом: электролиты должны быть нетоксичными или сравнительно малотоксичными, пожаро- и взрывобезопасными и обеспечивать экономичные процессы ликвидации отработанных растворов [6].

Для оценки экологической опасности сточных вод Виноградов С.С. ввёл понятие "**экологический критерий**" (ЭК) [7, с.7], который определяется как отношение конечной концентрации компонента раствора в сбрасываемой (очищенной) воде ( $C_{\text{кон}}$ ) к его **предельно допустимой концентрации (ПДК)** в воде рыбохозяйственных водоемов:

$$\text{ЭК} = \frac{C_{\text{кон}}}{\text{ПДК}} \quad (1)$$

Чем больше значение ЭК, тем большую экологическую опасность представляют сточные воды, содержащие тот или иной компонент технологического раствора [7, с. 7].

В известной нам литературе значения  $C_{\text{кон}}$  для компонентов электролитов, употребляемых в производственных условиях анодирования алюминия, отсутствуют. Это затрудняет сравнительный анализ экологичности технологических процессов анодирования алюминия с их применением. Под экологичностью в данном случае понимается способность электролита не допустить вредное воздействие на окружающую среду при его использовании.

Поэтому нами предлагается на этапе выбора состава анодирующего раствора руководствоваться **критерием потенциальной экологической опасности** [4, с. 64] электролита  $K_{\text{ПЭОЭ}}$ , который рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{ПЭОЭ}} = \frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n}, \quad (2)$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – концентрация компонента в электролите, г/л;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$  – предельно допустимая концентрация компонента в воде рыбохозяйственных водоемов, мг/л.

Очевидно, что чем меньше значение  $K_{\text{ПЭОЭ}}$ , тем более высокую степень обеспечения экологической безопасности [5] будет иметь электролит. Следовательно, при прочих равных условиях предпочтение должно отдаваться электролиту с меньшим значением  $K_{\text{ПЭОЭ}}$ .

Величина ПДК ионов и веществ в воде рыбохозяйственных водоемов, употребляемых для приготовления электролитов, изменяется следующим образом: винная кислота (0,003) [8]; ортофосфорная кислота (0,01) [9]; хромовый ангидрид (0,02) [9]; сульфаминовая кислота (0,3) [9]; лимонная кислота, щавелевая кислота (0,5) [8]; карбонат натрия (5) [9]; серная кислота (100) [9].

В качестве примера, для некоторых электролитов, применяемых при анодировании алюминия, были рассчитаны значения  $K_{\text{ПЭОЭ}}$ , которые приведены в табл. 1 в порядке возрастания.

Как следует из таблицы,  $K_{\text{ПЭОЭ}}$  увеличивается в ряду электролитов: лимонная кислота > серная кислота > карбонат натрия > серная кислота + щавелевая кислота > щавелевая кислота > щавелевая кислота + лимонная кислота + борная кислота > винная кислота > сульфаминовая кислота > хромовый ангидрид > серная кислота + щавелевая кислота + спирт этиловый > ортофосфорная кислота, т.е. самым экологичным электролитом является лимонная кислота, а самая низкая степень обеспечения экологической безопасности у ортофосфорной кислоты.

Таким образом, предложен критерий потенциальной экологической опасности электролита для анодного окисления металлов и полупроводников, который позволяет осуществлять выбор состава электролита, обеспечивающего высокую степень экологической безопасности технологического процесса анодирования в производстве изделий с АОП.

**Значения критерия потенциальной экологической опасности  $K_{ПЭОЭ}$   
для различных составов электролитов**

№	Состав электролита	Концентрация компонента, г/л;	$K_{ПЭОЭ} \cdot 10^{-5}$
1	Лимонная кислота [3, с. 60]	0,5-1	0,010-0,020
2	Серная кислота [3, с. 61]	180-200	0,018-0,020
3	Карбонат натрия [3, с. 68]	50	0,100
4	Серная кислота, щавелевая кислота [3, с. 70]	180-200 10-20	0,220-0,420
5	Щавелевая кислота [3, с. 60]	50	1,000
6	Щавелевая кислота, лимонная кислота, борная кислота [3, с. 70]	40-60 10-30 3-10	1,010-1,830
7	Винная кислота [10, с. 30]	0,5-1	1,667-3,334
8	Сульфаминовая кислота [3, с. 68]	100-200	3,334-6,667
9	Хромовый ангидрид [3, с. 64]	30-100	15,000-50,000
10	Серная кислота, щавелевая кислота, спирт этиловый [3, с. 70.]	180-200 17-20 40-100	40,358-100,420
11	Ортофосфорная кислота [3, с. 68]	200	200,000

### Выводы

Установлено, что степень экологической безопасности электролитов для анодного окисления алюминия уменьшается в ряду: лимонная кислота > серная кислота > карбонат натрия > серная кислота + щавелевая кислота > щавелевая кислота > щавелевая кислота + лимонная кислота + борная кислота > винная кислота > сульфаминовая кислота > хромовый ангидрид > серная кислота + щавелевая кислота + спирт этиловый > ортофосфорная кислота.

### Литература

1. *Сорокин И.Н., Сеченов Д.А., Милешко Л.П.* Методические указания по изучению курса "Физико-химические процессы в технологии радиоэлектронной аппаратуры" по теме: "Электрохимические процессы в технологии РЭА". Ч. I. Анодное окисление металлов. Таганрог: изд-во ТРТИ, 1985. 64 с.

2. *Сорокин И.Н., Сеченов Д.А., Милешко Л.П., Гатько Л.Е.* Методические указания по изучению курса "Физико-химические процессы в технологии радиоэлектронной аппаратуры" по теме: "Электрохимические процессы в технологии РЭА". Ч. II. Анодное окисление полупроводников. Таганрог: изд-во ТРТИ, 1986. 83 с.

3. *Аверьянов Е.Е.* Справочник по анодированию. М.: "Машиностроение", 1988. 224 с.

4. **Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Флик Е.А.** Возможность количественной оценки экологической опасности загрязнения тяжелыми металлами воды водохранилищ Юга России // Вестник Южного научного центра РАН. 2007. Т. 3. № 3. С. 62-70.

5. **Милешко Л.П.** Введение в экологическую безопасность // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. 1 (47). 2013. 6 с. <http://ipb.mos.ru/ttb>.

6. **Милешко Л.П.** Физико-химические и экологические аспекты рационального выбора электролитов для анодного окисления металлов и полупроводников // Известия ТРТУ. Тематический выпуск "Экология 2002 – море и человек". Материалы второй Всероссийской научной конференции с международным участием. Таганрог: изд-во ТРТУ. 2002. № 6 (29). С. 160-163.

7. **Виноградов С.С.** Экологически безопасное гальваническое производство. М.: "Глобус", 2002. 352 с.

8. **ГН 2.1.5.2307-07.** Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

9. **Нормативы** качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения, утвержденные Приказом Росрыболовства от 18.01.2010 № 20 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения".

10. **Сеченов Д.А., Балецкая Л.Г., Катаева Н.А., Милешко Л.П.** Руководство к лабораторным работам по курсу "Физико-химические процессы в технологии РЭА". Таганрог: изд-во ТРТИ, 1985. 30 с.