

УДК 669.715:620.193

## ВЛИЯНИЕ ИТТРИЯ НА АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА АК1М2

© 2013 г. А. Э. Бердиев<sup>1</sup>, И. Н. Ганиев<sup>1</sup>, Х. Х. Ниезов<sup>2</sup>,  
Ф. У. Обидов<sup>2</sup>, Р. А. Исмоилов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт химии им. В. И. Никитина АН Республики Таджикистан,  
ул. Айни, д. 299/2, Душанбе, 734063, Республика Таджикистан

<sup>2</sup>Государственное научно–экспериментальное и производственное учреждение  
АН Республики Таджикистан,  
ул. Айни, д. 299, г. Душанбе, 734063, Республика Таджикистан

Потенциодинамическим методом со скоростью развертки потенциала  $2 \text{ мВ} \cdot \text{с}^{-1}$  исследовано коррозионно–электрохимическое поведение сплава АК1М2, легированного иттрием в среде электролита NaCl различной концентрации. Показано, что добавки иттрия снижают скорость анодной коррозии исходного сплава АК1М2 почти в два раза. Установлено, что увеличение концентрации хлорид–ионов способствует росту скорости анодной коррозии независимо от содержания иттрия в сплаве АК1М2. При этом потенциалы коррозии и питтингообразования смещаются в отрицательную область.

**Ключевые слова:** сплав АК1М2, иттрий, потенциодинамический метод, анодное поведение, потенциал коррозии, потенциал питтингообразования, потенциал репассивации, скорость коррозии, среда NaCl.

### Введение

Сочетание физических, механических и химических свойств алюминия определяет его широкое применение практически во всех областях техники, в первую очередь в виде его сплавов с другими металлами. В электротехнике алюминий успешно заменяет медь, особенно в производстве массивных проводников, например в воздушных линиях, высоковольтных кабелях, шинах распределительных устройств, трансформаторах.

Сверхчистый алюминий и его сплавы используют в производстве электрических конденсаторов и выпрямителей, действие которых основано на способности оксидной пленки алюминия пропускать электрический ток только в одном направлении. Сверхчистый алюминий, очищенный зонной плавкой, применяют для синтеза полупроводниковых соединений типа  $A^{\text{III}}B^{\text{V}}$ , широко используемых для производства полупроводниковых приборов. Чистый алюминий нашел свое применение в производстве разного рода зеркальных отражателей. Алюминий высокой чистоты защищает металлические

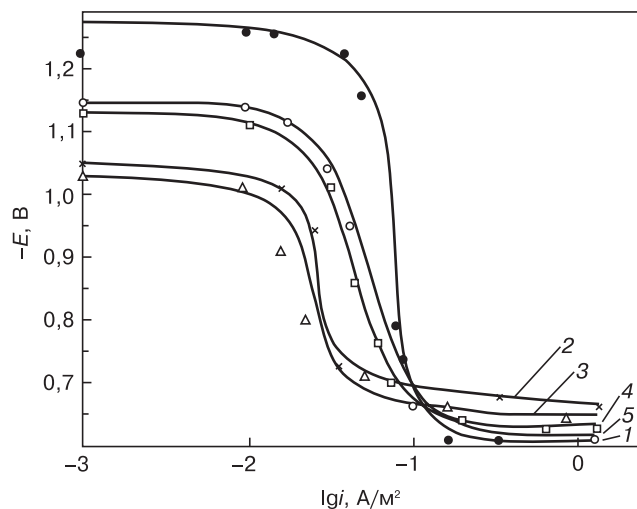
поверхности от действия атмосферной коррозии (плакирование, алюминиевая краска). Благодаря относительно низкому сечению поглощения нейтронов алюминий применяют как конструкционный материал в ядерных реакторах.

Сплавы АК1 и АК1М2 на основе осочистого алюминия марки А5N (99,999 % Al) используют в микроэлектронике в качестве мишеней при напылении токопроводящих дорожек в интегральных микросхемах [1]. Повышение коррозионной стойкости указанных сплавов путем легирования является важной задачей современного материаловедения: чем выше коррозионная стойкость сплавов, тем дальше и надежнее будут работать изделия электронной техники, изготовленные из них. В данном направлении особое место отводится правильному подбору легирующего компонента к этим сплавам. Известно, что редкоземельные металлы (**РЗМ**) в малых количествах повышают коррозионную стойкость алюминия [2]. Сведений о влиянии РЗМ на коррозионно–электрохимическое поведение сплавов на основе осочистого алюминия для изделий электрон-

**Бердиев Асадкул Эгамович**<sup>1</sup> — кандидат техн. наук, старший научный сотрудник, лаборатория «Коррозионностойкие материалы», e-mail: berdiev75@mail.ru; **Ганиев Изатулло Наврузович**<sup>1</sup> — академик АН Республики Таджикистан, проф., доктор хим. наук, заведующий лабораторией «Коррозионностойкие материалы», e-mail: ganiev48@mail.ru; **Ниезов Хамза Хамрокулович**<sup>2</sup> — научный сотрудник; **Обидов Фатхулло Убайдович**<sup>2</sup> — директор, e-mail: mavod@rambler.ru; **Исмоилов Ризо Ахмедович**<sup>2</sup> — научный сотрудник.



дующим образом. В целом потенциал коррозии смещается в область положительных значений, однако в интервале исследованных составов иттрия отмечен несколько иной характер, т. е. сплав, содержащий 0,05 % (мас.) иттрия характеризуется самым положительным значением потенциала коррозии. Дальнейшее повышение концентрации легирующей добавки способствует смещению потенциала коррозии в отрицательную область (см. табл. 1).



Потенциодинамические анодные поляризационные кривые (2 мВ/с) сплава АК1М2 с различным содержанием иттрия в среде электролита 3%-ного NaCl при 298 К:  
1 — 0; 2 — 0,005 % (мас.); 3 — 0,05 % (мас.); 4 — 0,1 % (мас.); 5 — 0,5 % (мас.)

В табл. 2 приведены коррозионно-электрохимические характеристики сплава АК1М2, легированного иттрием, в среде электролита NaCl. Из данных табл. 2 видно, что потенциалы питтингообразования и репассивации при легировании иттрием также растут. Смещение электрохимических потенциалов в положительную область сопровождается уменьшением плотности тока коррозии (см. табл. 2).

С увеличением концентрации хлорид-ионов потенциал коррозии ( $-E_{кор.}$ ) смещается в отрицательную область, что свидетельствует о снижении коррозионной стойкости сплавов с ростом агрессивности коррозионной среды. Эта зависимость подтверждается расчетом скорости коррозии ( $K$ ) из значений плотности тока коррозии ( $i_{кор.}$ ) из катодной ветви потенциодинамических кривых [2, 3].

Как видно из данных табл. 2, добавки иттрия до 0,05 % (мас.) во всех исследованных средах снижают скорость коррозии сплавов. В частности, в среде 0,03%-ного NaCl — от  $6,09 \cdot 10^{-4}$  до  $3,68 \cdot 10^{-4}$  г/(м<sup>2</sup> · ч). На рисунке представлены анодные ветви поляризационных кривых сплава АК1М2, легированного иттрием, в среде 3%-ного электролита NaCl. Как видно из рисунка, анодные кривые, относящиеся к сплавам, содержащим итрий, расположены в области положительных потенциалов, т. е. левее кривой базового сплава АК1М2, что свидетельствует об их анодной устойчивости. Из полученных анодных кривых были определены значения потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации (см. табл. 2).

Таблица 2

### Коррозионно-электрохимические характеристики сплава АК1М2, легированного иттрием, в среде электролита NaCl

Среда	Содержание иттрия в сплаве АК1М2, % (мас.)	Электрохимические характеристики				Скорость коррозии	
		$-E_{св.кор.}$ , В	$-E_{кор.}$ , В	$-E_{п.о.}$ , В	$-E_{р.п.}$ , В	$i_{кор.}$ , А/м <sup>2</sup>	$K \cdot 10^{-3}$ , г/(м <sup>2</sup> · ч)
0,03% NaCl	0	0,584	1,020	0,550	0,660	0,0182	6,09
	0,005	0,570	0,975	0,580	0,650	0,0165	5,52
	0,05	0,562	0,950	0,484	0,600	0,011	3,68
	0,1	0,575	1,000	0,450	0,680	0,014	4,69
	0,5	0,580	1,000	0,420	0,580	0,0155	5,19
0,3% NaCl	0	0,642	1,074	0,660	0,700	0,021	7,035
	0,005	0,610	1,004	0,650	0,700	0,017	5,69
	0,05	0,600	0,980	0,640	0,680	0,013	4,36
	0,1	0,610	1,010	0,630	0,660	0,015	5,02
	0,5	0,650	1,037	0,624	0,660	0,016	5,36
3% NaCl	0	0,685	1,200	0,700	0,780	0,027	9,045
	0,005	0,630	1,055	0,680	0,720	0,0188	6,29
	0,05	0,606	1,020	0,675	0,720	0,0140	4,69
	0,1	0,620	1,128	0,664	0,710	0,0166	5,56
	0,5	0,700	1,740	0,660	0,700	0,0181	6,06

В разбавленном хлорид-ионами растворе сплавы, легированные иттрием, более пассивны и показывают высокую устойчивость к коррозионным разрушениям, о чем свидетельствует сдвиг  $E_{п.о.}$  в область положительных потенциалов по мере разбавления раствора.

### Заключение

Установлено, что легирование сплава АК1М2 до 0,5 % (мас.) иттрием уменьшает скорость коррозии в среде электролита NaCl. При этом с ростом концентрации легирующего компонента отмечено смещение в положительную область потенциалов свободной коррозии, питтингообразования и репассивации. Повышение концентрации хлорид-ионов электролита способствует уменьшению потенциалов свободной коррозии, питтингообразования и репассивации сплавов и увеличению скорости их коррозии.

### Библиографический список

1. Вахобов, А. В. Особо чистый алюминий и его сплавы / А. В. Вахобов, Ф. У. Обидов, Р. У. Вахобова. – Душанбе : Дониш, 1999. – Т. 1/2. – 535 с.
2. Ганиев, И. Н. Коррозия двойных сплавов алюминия с элементами Периодической системы. Коррозия двойных алюминиевых сплавов в нейтральной среде / И. Н. Ганиев, Т. М. Умарова, З. Р. Обидов. – Саарбрюккен (Германия) : LAP Lambert Academic Publ., 2011. – 208 с.
3. Ганиев, И. Н. Потенциодинамическое исследование низколегированных электротехнических сплавов / И. Н. Ганиев, Б. Ш. Нарзиев, Р. О. Баротов // Докл. АН РТ. – 2008. – Т. 51, № 10. – С. 750–754.
4. Ганиев, И. Н. Влияние циркония, кальция и бария на коррозионно-электрохимическое поведение алюминия / И. Н. Ганиев, Р. О. Баротов, М. Б. Инояттов // Журн. прикладной химии. – 2004. – Т. 77, № 11. – С. 1815–1818.
5. Нарзиев, Б. Ш. Анодное поведение и окисление сплава Al + 0,2 % Mg с РЗМ. Коррозионно-электрохимические и кинетические свойства сплавов алюминия с магнием и редкоземельными металлами / Б. Ш. Нарзиев, И. Н. Ганиев. – Саарбрюккен (Германия) : LAP Lambert Academic Publ., 2012. – 108 с.

Статья поступила в редакцию 14 декабря 2013 г.

ISSN 1609–3577 *Izvestiya vuzov. Materialy elektronnoi tekhniki = Materials of Electronics Engineering*. 2014, vol. 17, no. 3, pp. 224–227.

### Influence of Yttrium on the Anodic Behavior of the Alloy AK1M2

**Asadkul Egamovich Berdiev**<sup>1</sup> — Ph.D., Senior Researcher, «Corrosion-resistant material» (berdiev75@mail.ru); **Izatullo Navruzovich Ganiev**<sup>1</sup> — Prof., Academician of the Republic of Tajikistan, Head of the Laboratory, «Corrosion-resistant material» (ganiev48@mail.ru); **Hamza Hamrokulovich Niyozov**<sup>2</sup> — Researcher; **Fathullo Ubaydovich Obidov**<sup>2</sup> — Director of the Institute (mavod@rambler.ru); **Rizo Akhmedovich Ismoilov**<sup>2</sup> — Researcher.

<sup>1</sup>*V. I. Nikitin Institute of Chemistry, 299/2 Aini Str., Dushanbe 734063, Republic of Tajikistan*

<sup>2</sup>*State Scientific Experimental and Industrial Institution of the Academy of Sciences of Tajikistan, 299 Aini Str., Dushanbe 734063, Republic of Tajikistan*

**Abstract.** Potentiodynamic method at a rate of 2 mV/s<sup>-1</sup> potential sweep the corrosion-electrochemical behavior of the alloy AK1M2 doped yttrium electrolyte NaCl in the medium with different concentrations. It is shown that the addition of yttrium reduce corrosion rate of the anode alloy AK1M2 source nearly doubled. Increasing the concentration of chloride ions promotes the corrosion rate of the anode, regardless of the yttrium content in the alloy AK1M2. At the same time, and pitting corrosion potentials are shifted in the negative region.

**Key words:** alloy AK1M2, yttrium, potentiodynamic method, anodic behavior, corrosion potential, the potential pittingoobrazovaniya, repassivatsii potential, corrosion rate, environment NaCl.

### References

1. Vakhobov A. V., Obidov F. U., Vakhobova R. U. *Osobochistyi alyuminiy i ego splavy* [High-purity aluminum and its alloys]. Dushanbe: Donish, 1999, vol. 1/2. 535 p. (In Russ.)
2. Ganiev I. N., Umarova T. M., Obidov Z. R. *Korroziya dvoynykh splavov alyuminiya s elementami Periodicheskoi sistemy. Korroziya dvoynykh alyuminiyevykh splavov v neutral'noi srede* [Corrosion of binary alloys of aluminum with elements of the Periodic Table. Double corrosion of aluminum alloys in a neutral environment]. Saarbrücken (Germany): LAP Lambert Academic Publ., 2011. 208 p. (In Russ.)
3. Ganiev I. N., Nazriev B. Sh., Barotov R. O. Potentiodynamic study electrical alloyed alloys. *Doklady AN RT*. 2008, vol. 51, no. 10, pp. 750–754. (In Russ.)
4. Ganiev I. N., Barotov R. O., Inoyatov M. B. Influence of zirconium, calcium and barium corrosion-electrochemical behavior of aluminum. *Zhurnal prikladnoi khimii = Russian Journal of Applied Chemistry*. 2004, vol. 77, no. 6, pp. 1815–1818. (In Russ.)
5. Nazriev B. Sh., Ganiev I. N. *Anodnoe povedenie i okislenie splava Al + 0,2 % Mg c RZM. Korroziionno-elektrokhimicheskie i kineticheskie svoistva splavov alyuminiya s magniemi i redkozemel'nyimi metallami* [Anodic behavior and oxidation of the alloy Al + 0,2% Mg c REM. Corrosion Electrochemical and kinetic properties of aluminum alloys with magnesium and rare earth metals]. Saarbrücken (Germany): LAP Lambert Academic Publ., 2012. 108 p.

Received December 14, 2013