

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА  
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ  
METALLURGY AND HEAT TREATMENT OF METALS AND ALLOYS

Научная статья

УДК 669.017:620.197

DOI: 10.26730/1999-4125-2024-1-23-33

ПОТЕНЦИОСТАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА  
AM4.5Mg1 ТИПА ДУРАЛЮМИН С ЛАНТАНОМ В СРЕДЕ ВОДНОГО  
РАСТВОРА NaCl

Изатулло Наврузович Ганиев<sup>1</sup>, Мунавваршо Мирзоалиевич Саидов<sup>2</sup>,  
Убайдулло Нарзуллоевич Файзуллоев<sup>3</sup>, Саидмири Убайдулло Худойбердизода<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГНУ «Институт химии им. В.И. Никитина НАНТ»<sup>2</sup>Республиканский медицинский колледж<sup>3</sup>Филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в г. Душанбе

\*для корреспонденции: ganiev48@mail.ru

**Информация о статье**

Поступила:

08 декабря 2023 г.

Одобрена после

рецензирования:

15 февраля 2024 г.

Принята к публикации:

29 февраля 2024 г.

Опубликована:

12 марта 2024 г.

**Ключевые слова:**

алюминиевый сплав AM4.5Mg1  
типа дуралюмин, лантан,  
потенциостатический метод,  
электрохимические  
потенциалы, водный раствор  
NaCl, скорость коррозии

**Аннотация.**

Сплав дуралюминий широко применяется в авиастроении, при производстве скоростных поездов (например, поездов Синкансэн) и во многих других отраслях машиностроения, так как отличается существенно большей прочностью, чем чистый алюминий. Наряду с высокими эксплуатационными свойствами разнообразное применение дуралюминия обусловлено его высокой технологичностью, что создает предпосылки для получения изделий всеми известными методами литья и пластической обработки. Дуралюмин относится к категории конструкционных сплавов, которые отличаются повышенной прочностью. Основу их составляет алюминий. В качестве добавок используют медь, марганец, магний в разных процентных соотношениях. Свойства дуралюминия зависят от термической обработки и количества добавленных легирующих элементов.

В статье приведены результаты потенциостатического исследования алюминиевого сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин с лантаном в среде водного раствора NaCl с концентрацией 0,03%; 0,3% и 3,0% мас. %, при скорости развертки потенциала 2 мВ/с. Добавка лантана к алюминиевому сплаву AM4.5Mg1 типа дуралюмин составлял 0,05-1,0 мас. %. Показано, что легирование лантаном указанного сплава снижает скорость его коррозии на 13-18 %, что сопровождается сдвигом в область положительных значений электрохимических потенциалов. Рост концентрации NaCl в водном растворе способствует увеличению скорости коррозии сплавов независимо от их состава и смещению электрохимических потенциалов в отрицательном направлении оси ординат.

**Для цитирования:** Ганиев И.Н., Саидов М.М., Файзуллоев У.Н., Худойбердизода С.У. Потенциостатическое исследование алюминиевого сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин с лантаном в среде водного раствора NaCl // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2024. № 1 (161). С. 23-33. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-1-23-33, EDN: YXMKHU

Коррозии в морской воде подвержены металлические части морских судов, механизмы и трубопроводы, металлические сооружения

морских портов и т. д. Морская вода является хорошо аэрированным, нейтральным электролитом с высокой электропроводностью,

обусловленной наличием в ней солей с большим содержанием хлоридов, оказывающих депассивирующее действие [1].

Механизм морской коррозии металлов электрохимический, преимущественно с кислородной деполяризацией. На скорость морской коррозии оказывают влияние состав морской воды, ее температура и скорость движения, дополнительный механический фактор (аэрированные, кавитация), контакт разнородных металлов, биологический фактор (обрастание подводной части металлических сооружений морскими растительными и животными организмами). Общая концентрация солей в морской воде достигает 4%, что влияет на ее электропроводность. Йод и бром играют роль дополнительных катодных деполяризаторов и ускоряют коррозию. Хлорид-ион является сильным депассиватором, т. е. ускоряет анодный процесс коррозии металлов. Сероводород подкисляет морскую воду и связывает ионы металлов в труднорастворимые сульфиды, облегчая протекание анодного и катодного электродных процессов электрохимической коррозии. При прохождении электрического тока через подводную часть судов и морских сооружений возникает их электрокоррозия [2-4].

Большое влияние на скорость коррозии в морской воде оказывает глубина погружения. Скорость коррозии металлов резко уменьшается с глубиной погружения, что связано с уменьшением содержания кислорода в воде [4].

На глубине 1000 м наблюдается минимум скорости коррозии, что соответствует достижению минимального содержания кислорода в морской воде. Относительно высокая скорость коррозии морских судов по ватерлинии. Особенно интенсивно процесс разрушения металла развивается в зоне, расположенной несколько выше этой линии. Этому способствует облегченный доступ кислорода, смывание защитных пленок с поверхности, периодическое ее смачивание электролитом с последующим высыханием, перепадом температур [4].

Наиболее распространенным методом защиты металлов от коррозии в морской воде является нанесение лакокрасочных покрытий. Используют также цинковые и кадмиевые покрытия как самостоятельные или как подслои под лакокрасочные. Широкое применение находит электрохимическая защита морских судов и сооружений, а также применение некоторых коррозионностойких сплавов (например, сплав меди с никелем) [5].

Дуралюмины хорошо деформируются и в горячем, и в холодном состояниях: для их упрочнения обычно применяют закалку в воде и естественное старение. Наибольшее упрочнение достигается в течение первых суток после закалки и практически заканчивается в течение

пяти суток. Наиболее прочные алюминиевые сплавы — сплавы типа В95, содержащие 6% Zn, 2,3% Mg, 1,7% Cu, 0,4% Mn, 0,2% Cr. Но, применяя их, следует иметь в виду, что эти сплавы еще менее коррозионностойки, чем дуралюмины, и не пригодны для работы при температурах выше 150°C, так как их прочностные характеристики сильно понижаются при повышенной температуре. Известно много других сложных деформируемых сплавов дляковки, штамповки и работы при повышенных температурах: АК4, АК6, АК8, АК4-1[6-8].

Трудность предотвращения коррозии в том, что разрушение металлов под влиянием факторов среды — естественный термодинамический выгодный процесс, направленный на сохранение равновесия в природе. Проблему коррозии металлов по количеству факторов, которые нужно принимать во внимание, относят к глобальной [4].

Благодаря сочетанию низкой плотности, высокого модуля упругости, коррозионной стойкости и хорошей свариваемости применение сплавов системы Al-Mg-Li в аэрокосмической технике непрерывно расширяется. Для снижения массы летательных аппаратов в ряде случаев применяют специально разработанные технологические методы [9-11].

О развитии коррозионных процессов при эксплуатации техники можно судить, выполняя непосредственные измерения коррозионных эффектов (глубины, площади повреждения, массы продуктов коррозии и т.п.), фиксируя изменения в результате коррозии некоторых характеристик металла (механической прочности, электропроводности и т.п.) или осуществляя дистанционно-периодические проверки эксплуатационных факторов (температурно-влажностного режима, концентрации загрязнений в воздухе и т.п.) и работоспособности узлов и агрегатов (приборов) машин [4,5].

При исследовании коррозии условия эксплуатации можно моделировать на образцах металлов с учетом значимых факторов (лабораторные испытания), деталей и узлах на коррозионно-климатических станциях или на микологических площадках на опытных образцах техники (испытания в природных условиях). Испытания могут быть длительными и ускоренными. К ускоренным методам коррозионных исследований относится потенциостатический метод [12].

Целью настоящей работы является потенциостатическое исследование анодного поведения алюминиевого сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин с лантаном в среде водного раствора NaCl.

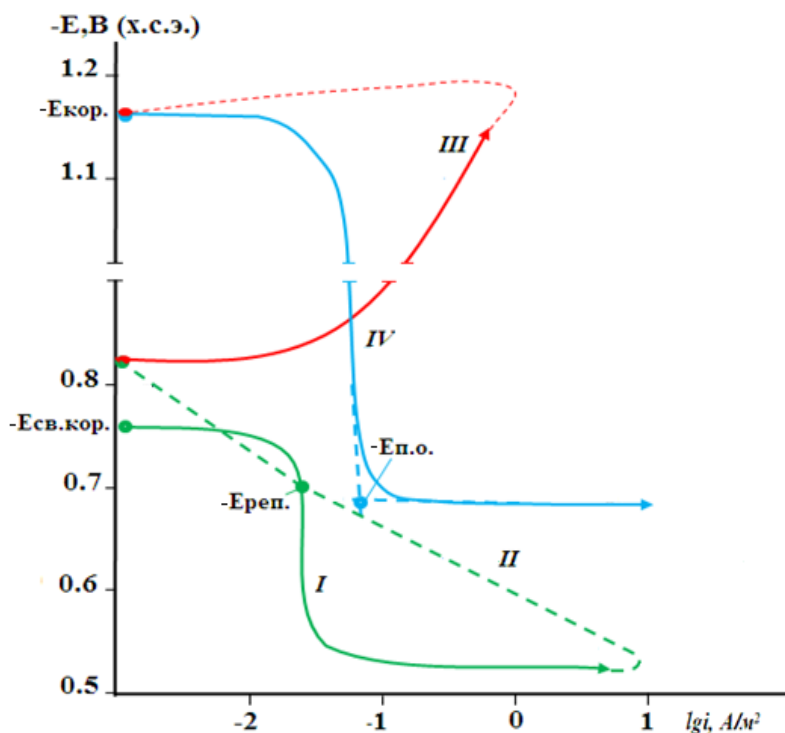


Рис. 1. Полная поляризационная (2мВ/с) кривая алюминиевого сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин в среде водного раствора 3.0%-ного NaCl

Fig. 1. Full polarization (2 MV/s) curve of aluminum alloy AM4.5Mg1 of duralumin type in an aqueous solution of 3.0% NaCl

#### Материалы и методика исследования

Сплавы для исследования получали из алюминия марки А6 (ГОСТ 11069), меди марки М1к (99,95% Cu) ГОСТ 859-2014, магния Mg90 (99,9% Mg) ГОСТ 804 - 93), и лантана металлического (ГОСТ 23862.5-79). В шахтных лабораторных печах типа СШОЛ предварительно синтезировали лигатуры алюминия с 10 мас.% лантаном. Шихтовку сплавов проводили с учетом угара лантана и магния. Исследованиям подвергали сплавы, масса которых отличалась от массы шихты не более чем на 2% отн. В графитовой изложнице из полученных сплавов отливали цилиндрические образцы диаметром 8 мм, длиной 140 мм. Торцевая часть образцов служила рабочим электродом.

Электрохимические исследования проводились потенциостатическим методом на потенциостате ПИ-50.1.1. Скорость развертки потенциала равнялась 2 мВ/с. Исследования проводили в среде водного раствора NaCl. Сигнал от прибора передавался на программатор ПР-8 и сохранялся на ЛКД-4. Образцы сплавов перед началом электрохимических измерений выдерживались до достижения стационарного потенциала или потенциала свободной коррозии  $E_{св.кор.}$ , значения которого устанавливается по зависимости потенциал (E, В) – время (t, мин.) в

течение 1 часа выдержки в растворе хлорида натрия. Установившиеся значение  $E_{св.кор.}$  сплавов подтверждается более длительной выдержкой (в течение 1–3 сут.).

При электрохимических исследованиях образцы поляризовали в положительном направлении, исходя от потенциала установившегося (потенциал свободной коррозии или стационарного  $E_{св.кор.}$ ), до значения потенциала, при котором происходит резкое возрастание плотности тока до  $1 \text{ А/м}^2$  (Рис. 1, кривая I). Образцы далее поляризовали в обратном направлении (до значения потенциала  $-1,2 \text{ В}$ ) (Рис. 1, кривые II и III), что позволило подщелачивать при электродной поверхности образца и снять оксидную пленку с поверхности электрода. Под конец образцы снова поляризовали в положительном направлении (Рис. 1, кривая IV). При таком переходе фиксируется потенциал питтингообразования ( $E_{п.о.}$ ).

По ходу прохождения полной поляризационной кривой определяли следующие электрохимические параметры:

- $E_{(ст.)}$  или  $-E_{(св.кор.)}$  – стационарный потенциал или потенциал свободной коррозии;
- $E_{кор.}$  – потенциал коррозии;
- $E_{(п.о.)}$  – потенциал питтингообразования;
- $E_{(рп.)}$  – потенциал репассивации;

Таблица 2. Коррозионно-электрохимические характеристики алюминиевого сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин с лантаном, в среде водного раствора NaCl

Table 2. Corrosion and electrochemical characteristics of aluminum alloy AM4.5Mg1 type duralumin with lanthanum, in an aqueous solution of NaCl

Среда NaCl	Содержание лантана в сплаве	Электрохимические потенциалы, В (х.с.э.)				Скорость коррозии	
		$-E_{\text{св.кор.}}$	$-E_{\text{кор.}}$	$-E_{\text{п.о.}}$	$-E_{\text{рп.}}$	$i_{\text{кор.}} \cdot 10^2, \text{ A/m}^2$	$K \cdot 10^3, \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$
	мас. %						
0,03	0.0	0.668	1.090	0.602	0.680	4.6	15.41
	0.05	0.630	1.039	0.560	0.645	3.8	12.73
	0.1	0.615	1.030	0.549	0.636	3.6	12.06
	0.5	0.606	1.019	0.540	0.626	3.4	11.39
	1.0	0.592	1.010	0.531	0.615	3.2	10.72
0,3	0.0	0.713	1.121	0.640	0.711	5.1	17.08
	0.05	0.670	1.067	0.589	0.669	4.3	14.40
	0.1	0.656	1.058	0.579	0.660	4.1	13.73
	0.5	0.644	1.049	0.570	0.650	3.9	13.06
	1.0	0.630	1.040	0.560	0.639	3.7	12.39
3,0	0.0	0.757	1.165	0.685	0.730	5.6	18.76
	0.05	0.715	1.119	0.636	0.677	4.8	16.08
	0.1	0.702	1.110	0.627	0.668	4.6	15.41
	0.5	0.690	1.101	0.618	0.659	4.4	14.74
	1.0	0.676	1.091	0.609	0.651	4.2	14.07

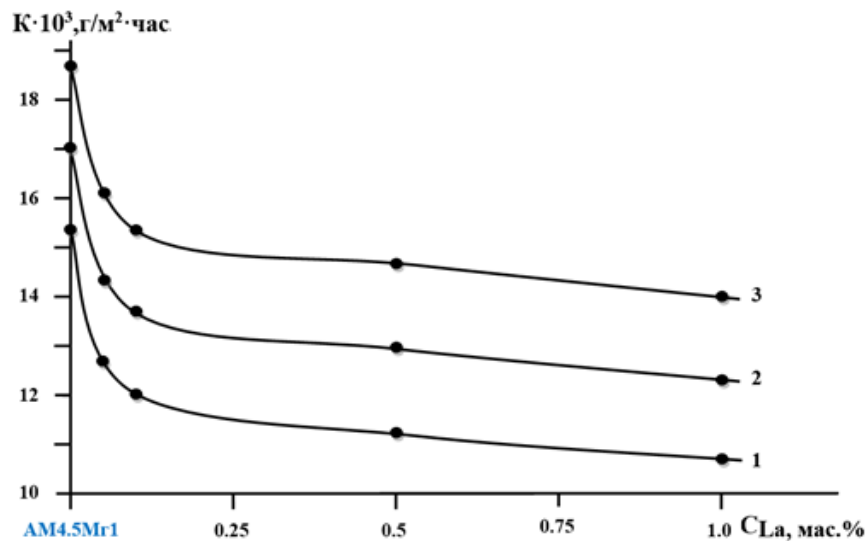


Рис. 3. Зависимость скорости коррозии алюминиевого сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин с лантаном в среде водного раствора NaCl: 0.03% (1); 0.3% (2); и 3.0% (3)

Fig. 3. Dependence of the corrosion rate of aluminum alloy AM4.5Mg1 type duralumin with lanthanum in an aqueous NaCl solution: 0.03% (1); 0.3% (2); and 3.0% (3)

$-i_{\text{кор.}}$  – ток коррозии.

Основные электрохимические характеристики сплавов определяли из вышеописанных потенциодинамических кривых, т. е. потенциалы коррозии ( $E_{\text{кор.}}$ ), питтингообразования ( $E_{\text{п.о.}}$ ) и репассивации ( $E_{\text{рп.}}$ ), а также плотность тока коррозии.

Последний рассчитывался по катодной кривой с учетом тафелевской наклонной  $b_{\text{к}}=0,122$ . Скорость коррозии, являющейся функцией тока коррозии, определялась по формуле:

$$K=i_{\text{кор.}} \cdot k,$$

Таблица 1. Временная зависимость потенциала (х.с.э.) свободной коррозии (Е<sub>св.кор.</sub>, В) алюминиевого сплава АМ4.5Мg1 типа дуралюмин от содержания лантана в среде водного раствора 0,03%- ного NaCl

Table 1. The time dependence of the potential (se.) of free corrosion (E<sub>ru.corr.</sub>, В) of the aluminum alloy АМ4.5Мg1 of the duralumin type on the lanthanum content in an aqueous solution of 0.03% NaCl

Время выдержки, минут	Содержания лантана в сплаве, мас. %				
	0.0	0.05	0.1	0.5	1.0
0	0,776	0,736	0,720	0,712	0,696
0,15	0,763	0,725	0,709	0,700	0,685
0,2	0,752	0,716	0,700	0,692	0,677
0,3	0,743	0,707	0,692	0,683	0,667
0,4	0,735	0,699	0,685	0,674	0,659
0,5	0,727	0,691	0,678	0,666	0,651
0,6	0,719	0,684	0,671	0,658	0,644
2	0,711	0,677	0,664	0,650	0,637
3	0,704	0,670	0,657	0,643	0,631
4	0,697	0,663	0,650	0,636	0,625
5	0,691	0,656	0,643	0,630	0,620
10	0,685	0,650	0,637	0,625	0,615
20	0,680	0,644	0,631	0,620	0,610
30	0,676	0,639	0,625	0,616	0,605
40	0,672	0,635	0,620	0,612	0,600
50	0,669	0,632	0,616	0,608	0,593
60	0,668	0,630	0,615	0,606	0,592

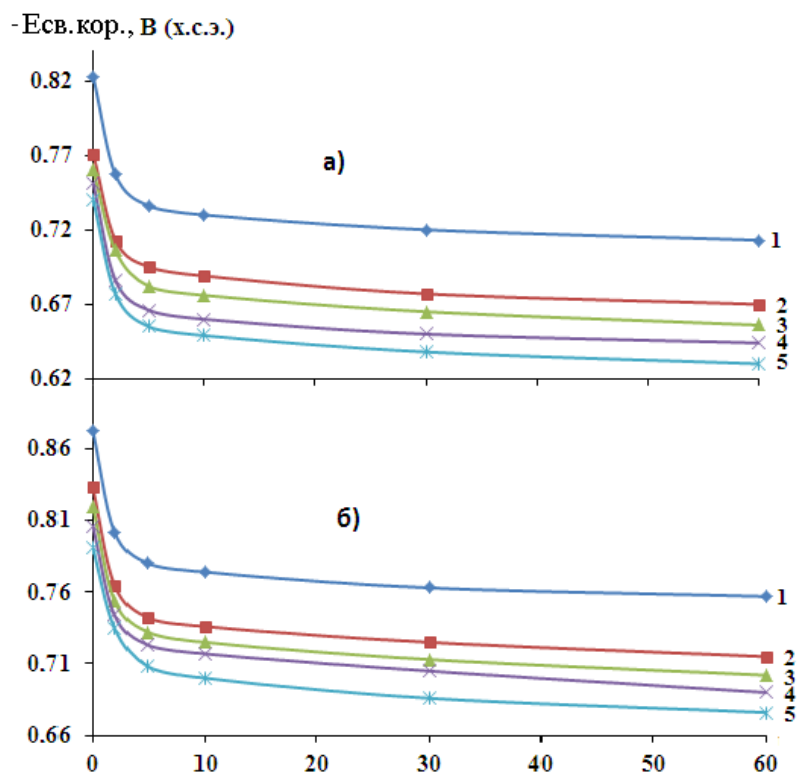


Рис. 2. Временная зависимость  $-E_{св.кор.}$  алюминиевого сплава АМ4.5Мg1 типа дуралюмин с лантаном, мас. %: 0,05(2); 0,1(3); 0,5(4); 1,0(5), в среде водного раствора 0,3%(а) и 3,0% - ного (б) NaCl

Fig. 2. Time dependence  $-E_{eruption}$  of aluminum alloy АМ4.5Мg1 type duralumin with lanthanum, wt. %: 0,05(2); 0,1(3); 0,5(4); 1,0(5), in an aqueous solution of 0.3%(a) and 3.0% (b) NaCl

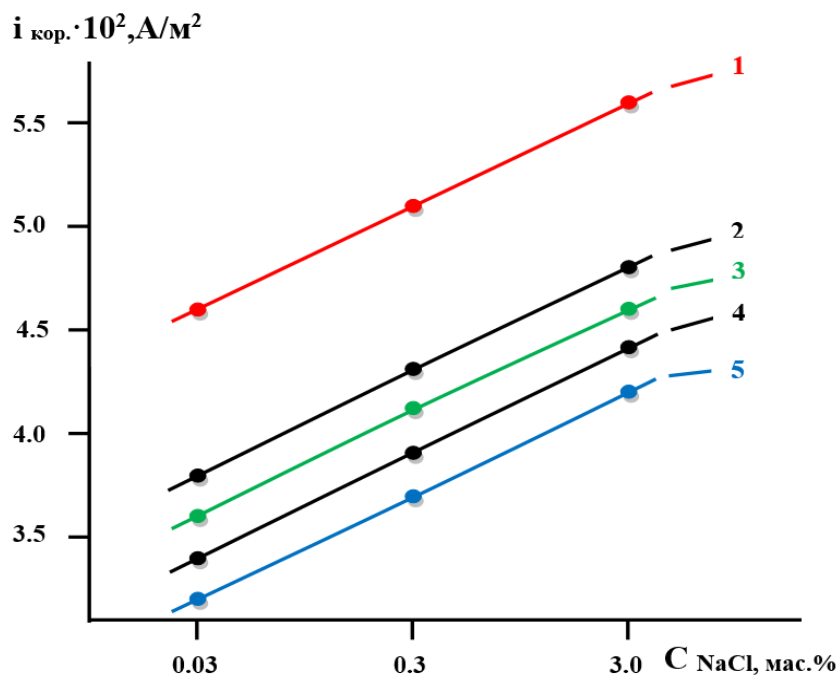


Рис. 4. Зависимость плотности тока коррозии алюминиевого сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин (1), содержащего лантан, мас. %: 0.01(2); 0.1(3); 0.5(4); 1.0(5) от концентрации NaCl

Fig. 4. Dependence of the corrosion current density of aluminum alloy AM4.5Mg1 type duralumin (1) containing lanthanum, wt. %: 0.01(2); 0.1(3); 0.5(4); 1.0(5) from the concentration of NaCl

где  $k$  – электрохимический эквивалент алюминия, среднее значение которого составляет 0,335 г/А·ч. В работах [13-16] описана подробная методика исследования анодного поведения сплавов.

Результаты исследования коррозионно-электрохимических исследований алюминиевого сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин с лантаном в среде водного раствора NaCl с концентрацией 0,03%; 0,3% и 3,0% мас. %, обобщены в Таблице 2. Как видно, с увеличением содержания лантана в сплаве AM4.5Mg1 типа дуралюмин, потенциалы коррозии, питтингообразования и репассивации смещаются в положительную область значений. Легирование лантаном алюминиевого сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин снижает скорость его коррозии на 13–18%.

На Рис. 3 представлена графическая зависимость скорости коррозии алюминиевого сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин от содержания лантана в нем в среде водного раствора NaCl различной концентрации. Добавка лантана во всех изученных средах способствует снижению скорости коррозии исходного алюминиевого сплава.

Зависимость плотности тока коррозии алюминиевого сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин с лантаном показана на Рис. 4. Легирование лантаном снижает величину плотности тока коррозии исходного сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин. С ростом концентрации хлорид – иона в водном растворе

NaCl наблюдается рост плотности тока коррозии сплавов независимо от содержания лантана в них.

На Рис. 5 представлены анодные ветви потенциодинамических кривых исследованных сплавов. Видно, что плотность тока коррозии исходного сплава уменьшается с увеличением концентрации лантана, а потенциалы свободной коррозии ( $E_{св.кор.}$ ) и питтингообразования ( $E_{п.о.}$ ) смещаются при этом в положительную область значений.

В Таблице 2 представлены обобщенные результаты исследования анодного поведения алюминиевого сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин с лантаном. С ростом концентрации лантана в сплаве AM4.5Mg1 потенциал коррозии смещается в положительном направлении оси ординат. При переходе от слабого водного раствора NaCl к сильному наблюдается уменьшение величины потенциала свободной коррозии независимо от содержания легирующего компонента. Рост концентрации легирующего компонента способствует увеличению величины потенциалов питтингообразования и репассивации во всех средах независимо от концентрации водного раствора NaCl. С ростом концентрации водного раствора NaCl увеличивается плотность тока коррозии и соответственно скорость коррозии алюминиевого сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин с лантаном.

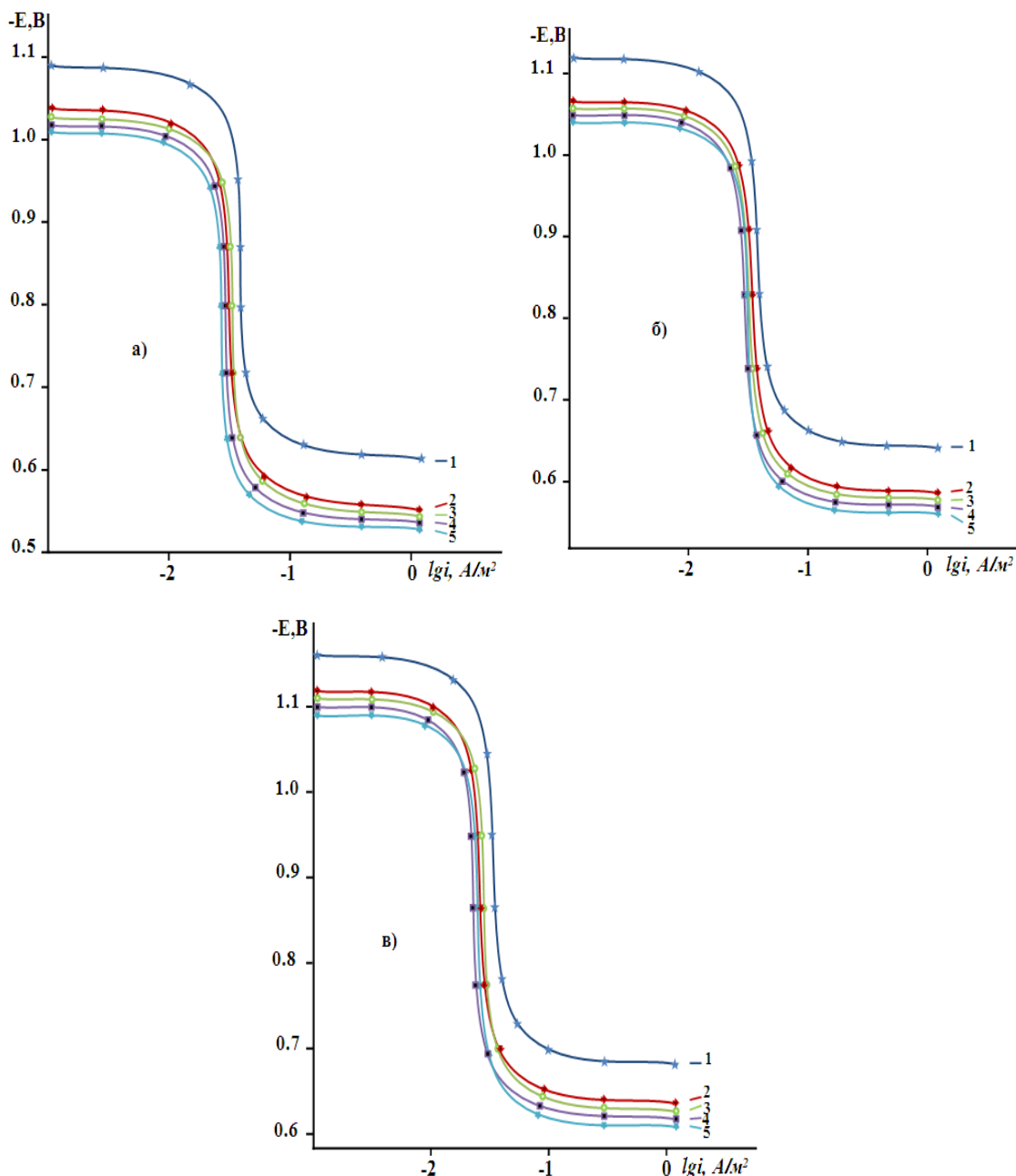


Рис. 5. Потенциодинамические анодные поляризационные (2 мВ/с) кривые алюминиевого сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин (1), содержащего лантан, мас. %: 0.01(2); 0.1(3); 0.5(4); 1.0(5) в среде водного раствора 0,03% (а), 0,3% (б) и 3,0%-ного (в) NaCl

Fig. 5. Potentiodynamic anode polarization (2 MV/s) curves of aluminum alloy AM4.5Mg1 type duralumin (1) containing lanthanum, wt. %: 0.01(2); 0.1(3); 0.5(4); 1.0(5) in an aqueous solution of 0.03% (a), 0.3% (b) and 3.0% (c) NaCl

#### Выводы

Установлено, что анодная устойчивость повышается на 13–18% при легировании лантаном до 1.0 мас. % алюминиевого сплава AM4.5Mg1 типа дуралюмин в среде водного раствора NaCl. С повышением концентрации легирующих компонентов отмечается изменение в положительном направлении оси ординат потенциалов свободной коррозии, питтингообразования и репассивации. С ростом

концентрации  $\text{Cl}^-$  иона уменьшаются потенциалы свободной коррозии, питтингообразования и репассивации сплавов, увеличивается скорость их коррозии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мальцева Г. Н. Коррозия и защита оборудования от коррозии. Под редакцией д. т. н., профессора С. Н. Виноградова. Учебное пособие. Пенза., 2001. 211 с.

2. Шевченко А. А. Химическое сопротивление неметаллических материалов и защита от коррозии. М. : Колос, 2006. 248с.

3. Строганов Г. Б., Ротенберг В. А., Гершман Г. Б. Сплавы алюминия с кремнием. М. : Металлургия, 1977. 272с.

4. Лагтев А. Б., Кравцов В. В. Коррозия алюминия и сплавов на его основе в химических средах // в книге: Коррозия алюминиевых сплавов. Москва, 2021. С. 250–258.

5. Матыс В. Г., Поплавский В. В. Устойчивость алюминия и его сплава к контактной коррозии в гальванопарах со сталями с металлическими покрытиями // Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. 2015. №3 (176). С. 85–92.

6. Тарасенко Л. В., Колобнев Н. И., Хохлатова Л. Б. Фазовый состав и механические свойства сплавов системы Al – Mg – Li – Me // Металловедение и термическая обработка металлов. 2008. №2. С.40–43.

7. Фридляндер И. Н. Современные алюминиевые, магниевые сплавы и композиционные материалы на их основе // Металловедение и терм. обр. металлов. 2002. № 7. С. 24–29.

8. Фридляндер И. Н., Колобнев Н. И., Хохлатова Л. Б. [и др.] Труды 7-ой Международной конференции по алюминиевым сплавам (ISAA-7). 2000. Т. 3. С. 1393–1397.

9. Антипов В. В., Лавров Н. А., Сухоиваненко В. В., Сенаторова О. Г. Опыт применения Al–Li-сплава 1441 и слоистых материалов на его основе в гидросамолетах // Цветные металлы. 2013. № 9. С. 46–50.

10. Прач Е. Л., Михайленков К. В. Разработка нового литейного сплава системы Al–Mg–Si–Mn с добавкой лития // Литейное производство. 2014. № 7. С. 13–15.

11. Шеметев Г. Ф. Алюминиевые сплавы:

составы, свойства, применение. Учебное пособие по курсу «Производство отливок из сплавов цветных металлов». Часть I (Электронный ресурс). Санкт-Петербург. 2012. 155 с.

12. Фрейман Л. И., Макаров В. А., Брыксин И. Е. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите. Л. : Химия. 1972. 240 с.

13. Ганиев И. Н., Абулаков А. П., Джайлоев Дж. Х., Ганиева Н. И., Якубов У. Ш. Влияние добавок свинца на анодное поведение проводникового алюминиевого сплава E-AlMgSi (Алдрей) в среде электролита NaCl // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2020. № 2. С. 109–113.

14. Ганиев И. Н., Алиев Д. Н., Нарзуллоев З. Ф. Влияние добавок никеля на анодное поведение цинково-алюминиевых сплавов Zn5Al, Zn55Al В Среде электролита NaCl // Журнал прикладной химии. 2019. Т. 92. № 11. С. 1420–1426.

15. Ганиев И. Н., Абулаков А. П., Джайлоев Д. Х., Алиев Ф. А., Рашидов А. Р. Коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi (Алдрей) с оловом в среде электролита NaCl // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. 2019. Т. 22. № 2. С. 128–134.

16. Ганиев И. Н., Саидова Ф. Р., Худойбердизода С. У., Савдуллоева С. С., Джайлоев Дж. Х., Абулхаев В. Д. Анодное поведение алюминиевого сплава AlMg5.5Li2.1Zr0.15, легированного кальцием в среде электролита NaCl // «Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)». 2023. №2. С. 37–41.

© 2024 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

**Ганиев Изатулло Наврузович** – академик НАН Таджикистана, д.х.н., проф., зав. лабораторией Института химии В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана. Адрес: Республика Таджикистан, 734063, г. Душанбе, проспект Айни 299/2, тел.: (+992) 93-572-88-99, E-mail: [ganiev48@mail.ru](mailto:ganiev48@mail.ru)

**Саидов Мунавваршо Мирзоалиевич** - ассистент кафедры естественных наук и математики, Республиканский медицинский колледж. Адрес: Республика Таджикистан, 734063, г. Душанбе. Центральная тел.: (+992) 98-101-91-02, E-mail: [saidov.m96@mail.ru](mailto:saidov.m96@mail.ru)

**Файзуллоев Убайдулло Нарзуллоевич** – к.т.н., ст. преподаватель Филиала Национального исследовательского технологического университета (НИТУ) «МИСиС» в городе Душанбе. Адрес: Республика Таджикистан, 735790, г. Душанбе, ул. Моеншо Назаршоева, тел.: (+992) 93-309-81-09;

**Худойбердизода Саидмири Убайдулло** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ГНУ «Институт химии В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана». Адрес: Республика Таджикистан, 734063, г. Душанбе, пр. Айни, 299/2, тел.: (+992) 92-792-37-92, E-mail: [saidmir010992@mail.ru](mailto:saidmir010992@mail.ru)



*Заявленный вклад авторов:*

Изатулло Наврузович Ганиев – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, выводы, написание текста, научный менеджмент, сбор и теоретический анализ данных, обзор соответствующей литературы, экспериментальные исследования, обработка и анализ их результатов.

Мунавваршо Мирзоалиевич Саидов – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, выводы, написание текста, научный менеджмент, сбор и теоретический анализ данных, обзор соответствующей литературы, экспериментальные исследования, обработка и анализ их результатов.

Убайдулло Нарзуллоевич Файзуллоев – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, выводы, написание текста, научный менеджмент, сбор и теоретический анализ данных, обзор соответствующей литературы, экспериментальные исследования, обработка и анализ их результатов.

Саидмири Убайдулло Худойбердизода – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, выводы, написание текста, научный менеджмент, сбор и теоретический анализ данных, обзор соответствующей литературы, экспериментальные исследования, обработка и анализ их результатов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

**Original article****POTENTIOSTATIC STUDY OF ALUMINUM ALLOY AM4.5Mg1 TYPE DURALUMINE WITH LANTHANUM IN AN AQUEOUS SOLUTION OF NaCl**

Izatullo N. Ganiev<sup>1</sup>, Munavvarsho M. Saidov<sup>2</sup>,  
Ubaidullo N. Faizulloev<sup>3</sup>, Saidmiri U. Khudoiberdizoda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GNU "Institute of Chemistry named after. IN AND. Nikitin NAST"

<sup>2</sup>Republican Medical College

<sup>3</sup>Branch of the National Research Technological University "MISiS" in Dushanbe

\*for correspondence: ganiev48@mail.ru

**Article info**

Received:

08 December 2023

Accepted for publication:

15 February 2024

Accepted:

29 February 2024

Published:

12 March 2024

**Keywords:** aluminum alloy AM4.5Mg1 type duralumin, lanthanum, potentiostatic method, electrochemical potentials, aqueous NaCl solution, corrosion rate

**Abstract.**

*Duralumin alloy is widely used in aircraft manufacturing, in the production of high-speed trains (for example, Shinkansen trains) and in many other branches of mechanical engineering (as it is significantly more durable than pure aluminum). Along with its high performance properties, the diverse use of duralumin is due to its high manufacturability, which creates the prerequisites for producing products using all known methods of casting and plastic processing. Duralumin belongs to the category of structural alloys, which are characterized by increased strength. They are based on aluminum. Copper, manganese, and magnesium are used as additives in different percentages. The properties of duralumin depend on the heat treatment and the amount of added alloying elements.*

*The article presents the results of a potentiostatic study of aluminum alloy AM4.5Mg1 type duralumin with lanthanum in an aqueous solution of NaCl with a concentration of 0.03%; 0.3% and 3.0% wt. %, at a potential sweep rate of 2 mV/s. The addition of lanthanum to the aluminum alloy AM4.5Mg1 of the duralumin type was 0.05-1.0 wt. %. It has been shown that doping the specified alloy with lanthanum reduces its corrosion rate by 13-18%, which is accompanied by a shift to the region of positive values of electrochemical potentials. An increase in the concentration of NaCl in an aqueous solution contributes to an increase in the corrosion rate of alloys, regardless of their composition, and a shift of electrochemical potentials in the negative direction of the ordinate axis.*

**For citation:** Ganiev I.N., Saidov M.M., Faizulloev U.N., Khudoiberdizoda S.U. Potentiostatic study of aluminum alloy AM4.5Mg1 type duralumine with lanthanum in an aqueous solution of NaCl. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2024; 1(161):23-33. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2024-1-23-33, EDN: YXMKHU

### REFERENCES

1. Maltseva G.N. Corrosion and protection of equipment from corrosion. Edited by Doctor of Technical Sciences, Professor S.N. Vinogradov. Tutorial. Penza. 2001. 211 p.
2. Shevchenko A.A. Chemical resistance of non-metallic materials and corrosion protection. M.: Kolos; 2006. 248 p.
3. Stroganov G.B., Rotenberg V.A., Gershman G.B. Aluminum alloys with silicon. M.: Metallurgy; 1977. 272 p.
4. Laptev A.B., Kravtsov V.V. Corrosion of aluminum and alloys based on it in chemical environments. In the book: Corrosion of aluminum alloys. Moscow, 2021. Pp. 250–258.
5. Matys V.G., Poplavsky V.V. Resistance of aluminum and its alloy to contact corrosion in galvanic couples with steels with metal coatings. *Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances*. 2015; 3(176):85–92.
6. Tarasenko L.V., Kolobnev N.I., Khokhlatova L.B. Phase composition and mechanical properties of alloys of the Al – Mg – Li – Me system. *Metal science and heat treatment of metals*. 2008; 2:40–43.
7. Fridlyander I.N. Modern aluminum, magnesium alloys and composite materials based on them. *Metal Science and Therm. arr. Metals*. 2002; 7:24–29.
8. Fridlyander I.N., Kolobnev N.I., Khokhlatova L.B. [et al.] *Proceedings of the 7th International Conference on Aluminum Alloys (ICAA-7)*. 2000; 3:1393–1397.
9. Antipov V.V., Lavrov N.A., Sukhoivanenko V.V., Senatorova O.G. Experience of using Al–Li alloy 1441 and layered materials based on it in seaplanes. *Non-ferrous metals*. 2013; 9:46–50.
10. Prach E.L., Mikhailenkov K.V. Development of a new casting alloy of the Al–Mg–Si–Mn system with the addition of lithium. *Foundry production*. 2014; 7:13–15.
11. Shemetev G.F. Aluminum alloys: compositions, properties, applications. Textbook for the course “Production of castings from non-ferrous metal alloys”. Part I (Electronic resource). Saint Petersburg, 2012. 155 p.
12. Freiman L.I., Makarov V.A., Bryksin I.E. Potentiostatic methods in corrosion research and electrochemical protection. L. Chemistry. 1972 240s.
13. Ganiev I.N., Abulakov A.P., Dzhayloev J.H., Ganieva N.I., Yakubov U.Sh. The influence of lead additives on the anodic behavior of the conductive aluminum alloy E-ALMgSi (Aldrey) in the NaCl electrolyte. *Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 1: Natural and technical sciences*. 2020; 2:109–113.
14. Ganiev I.N., Aliev D.N., Narzulloev Z.F. The influence of nickel additives on the anodic behavior of zinc-aluminum alloys Zn5Al, Zn55Al in the NaCl electrolyte environment. *Journal of Applied Chemistry*. 2019; 92(11):1420–1426.
15. Ganiev I.N., Abulakov A.P., Dzhayloev D.Kh., Aliev F.A., Rashidov A.R. Corrosion-electrochemical behavior of aluminum conductor alloy E-ALMgSi (Aldrey) with tin in an NaCl electrolyte. *News of higher educational institutions. Electronic materials*. 2019; 22(2):128–134.
16. Ganiev I.N., Saidova F.R., Khudoiberdizoda S.U., Savdulloeva S.S., Dzhayloev J.H., Abulkhaev V.D. Anodic behavior of aluminum alloy AlMg5.5Li2.1Zr0.15 alloyed with calcium in NaCl electrolyte. “*Proceedings of the St. Petersburg State Technological Institute (Technical University)*”. 2023; 2:37–41.

© 2024 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).  
The authors declare no conflict of interest.

#### About the authors:

**Izatullo N. Ganiev**, Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Doctor of Economics, Professor, FAB. Laboratory V.I. Nikitin Institute of Chemical Engineering, National Academy of Sciences of Tajikistan. Address: Republic of Tajikistan, 734063, Monday, Issue Avenue currently 299/2, tel.: (+992) 93-572-88-99, E-mail: ganiev48@mail.ru;

**Munavvarsho M. Saidov**, Associate Professor of the Department of Natural Sciences and Mathematician, Republican Medical College. Address: Republic of Tajikistan, 734063, Monday. Central tel.: (+992) 98-101-91-02, E-mail: saidov.m96@mail.ru

**Ubaidullo N. Faizulloev**, C. Sc. in Engineering, St. Founder of the branch of the National Research Technological University (NUST) "MISIS" in the city of Dushanbe. Address: Republic of Tajikistan, 735790, Dushanbe, Moensho Nazarshoeva str., tel.: (+992) 93-309-81-09;

---

**Saidmiri U. Khudoiberdizoda**, C. Sc. in Engineering, leading scientific Centurion of the National Research University "Institute of Chemical Chemistry V.I. Nikitin National Academic Sciences of Tajikistan". Address: Republic of Tajikistan, 734063, Monday, ave. Currently, 299/2, tel.: (+992) 92-792-37-92, or e-mail: saidmir010992@mail.ru;

*Contribution of the authors:*

Izatullo N. Ganiev – research problem statement; conceptualisation of research; drawing the conclusions; writing the text, research problem statement; scientific management; data collection; data analysis, reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; data analysis; drawing the conclusions.

Munavvarsho M. Saidov – research problem statement; conceptualisation of research; drawing the conclusions; writing the text, research problem statement; scientific management; data collection; data analysis, reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; data analysis; drawing the conclusions.

Ubaidullo N. Faizulloev – research problem statement; conceptualisation of research; drawing the conclusions; writing the text, research problem statement; scientific management; data collection; data analysis, reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; data analysis; drawing the conclusions.

Saidmiri U. Khudoiberdizoda – research problem statement; conceptualisation of research; drawing the conclusions; writing the text, research problem statement; scientific management; data collection; data analysis, reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; data analysis; drawing the conclusions.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

