



КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ – ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

CORROSION AND CORROSION PROTECTION – GENERAL ISSUES

Тип статьи: научная, оригинальная

Article type: original

<https://doi.org/10.31615/j.corros.prot.2024.112.2-4>

Анодное поведение алюминиевого проводникового сплава AIV0.1, легированного литием в среде раствора NaCl

И.Н. Ганиев[✉], Д.Ч. Курбонов, Х.М. Ходжаназаров, Дж.Х. Джайлоев

Институт химии имени В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана,
Республика Таджикистан, 734063 г. Душанбе, ул. Айни, д. 299/2

e-mail: ganiev48@mail.ru

Аннотация. Потенциостатическим методом при скорости развертки потенциала 2мВ/с исследовано коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевого проводникового сплава AIV0.1, легированного литием, в среде раствора NaCl. Зависимость изменения потенциала свободной коррозии от времени для исходного сплава AIV0.1 и сплавов с литием показывают смещение потенциала в область положительных значений. Отмечено, что рост концентрации лития приводит к смещению потенциалов свободной коррозии, репассивации и питтингообразования в область положительных значений.

С увеличением концентрации хлорид – иона в растворе NaCl наблюдается смещение в отрицательную область значений электрохимических потенциалов алюминиевого проводникового сплава AIV0.1 с добавками лития. Рост концентрации хлорид – иона способствует росту скорости коррозии сплавов независимо от их состава. Показано, что добавка лития уменьшает скорость коррозии алюминиевого проводникового сплава AIV0.1 на 8...13% в среде раствора NaCl.

Ключевые слова: алюминиевый проводниковый сплав AIV0.1, литий, потенциостатический метод; раствор NaCl, потенциал коррозии, потенциал питтингообразования, скорость коррозии

Для цитирования: Ганиев И.Н., Курбонов Д.Ч., Ходжаназаров Х.М., Джайлоев Дж.Х. Анодное поведение алюминиевого проводникового сплава AIV0.1, легированного литием в среде раствора NaCl // Практика противокоррозионной защиты. – 2024. – Т. 29, № 2. – С. 41-49. <https://doi.org/10.31615/j.corros.prot.2024.112.2-4>

Статья получена 02.04.2024. Принята к публикации 22.05.2024. Опубликовано 01.06.2024.

Anodic Behavior of Aluminum Conductor Alloy AIV0.1 Doped with Lithium in a NaCl Solution Environment

**Izatullo N. Ganiev[✉], Dalerjon Ch. Kurbonov,
Khayrullo M. Khojanazarov, Jamshed H. Jayloev**

V.I. Nikitin Chemistry Institute of the National Academy of Sciences of Tajikistan,
299/2, Sadriddin Aini st., Dushanbe, 734063, Republic of Tajikistan

e-mail: ganiev48@mail.ru

Abstract. The corrosion-electrochemical behavior of the lithium-doped aluminum conductor alloy AIV0.1 in a NaCl solution was studied using the potentiostatic method at a potential sweep rate of 2 mV/s. The dependence of the change in the free corrosion potential on time for the original AIV0.1 alloy and alloys with lithium show a shift of the potential towards positive values. It is noted that an increase in lithium concentration leads to a shift in the potentials of free corrosion, repassivation and pitting to the region of positive values.

With an increase in the concentration of chloride ion in the NaCl solution, a shift to the negative region is observed in the values of the electrochemical potentials of the aluminum conductor alloy AIV0.1 with lithium additives. An increase in the concentration of chloride ion contributes to an increase in the corrosion rate of alloys, regardless of their composition. It has been shown that the addition of lithium reduces the corrosion rate of the aluminum conductor alloy AIV0.1 by 8...13% in a NaCl solution.

Keywords: aluminum conductor alloy AIV0.1, lithium, potentiostatic method, NaCl solution, corrosion potential, pitting potential, corrosion rate

For citation: Ganiev, I. N., Kurbonov, D. Ch., Khojanazarov, Kh. M., & Jayloev, J. H. (2024). Anodic Behavior of Aluminum Conductor Alloy AIV0.1 Doped with Lithium in a NaCl Solution Environment. *Theory and Practice of Corrosion Protection*, 29 (2), 41-49. <https://doi.org/10.31615/j.corros.prot.2024.112.2-4>

Received 02 April, 2024. Accepted for publication May 23, 2024. Published June 01, 2024.

Введение

Алюминий — один из лучших проводников, область применения которого постоянно расширяется. Он имеет небольшой вес, низкую стоимость и доступность по всему миру, что делает его идеальным для многих электрических применений [1].

Алюминий является одним из двух коммерчески используемых проводников, помимо меди. Несмотря на то, что он немного менее проводящий, чем медь, его легкий вес делает его чрезвычайно полезным во многих отраслях промышленности, от автомобилей до электросетей [2].

Проводимость алюминия настолько высока, что простая алюминиевая фольга может выступать в качестве электрического проводника. Однако проводимость фольги будет намного меньше, чем у проволоки или чистого алюминия [3].

Это связано с тем, что особенности поверхности алюминия влияют на его проводимость. Покраска, покрытие или анодирование могут значительно снизить проводимость. Поэтому следует подумать об окончательном применении алюминиевого изделия, прежде чем рассматривать какую-либо обработку поверхности [4, 5].

Проводниковый алюминий наиболее широко используется для обмоточных, монтажных, установочных проводов, линий электропередач, кабельных жил. Низкая плотность алюминия является его основным преимуществом: при одинаковом сопротивлении алюминиевый провод в два раза легче медного, хотя его сечение примерно в 1,6 раза больше. Алюминиевые провода можно применять неизолированными, благодаря наличию на поверхности металла тонкой и прочной оксидной пленки Al_2O_3 , защищающей от коррозии и обладающей значительным электрическим сопротивлением [6, 7].

Ванадий вводят в сплавы с помощью легатур, которые получают двумя основными способами: сплавлением чистых компонентов и восстановлением легирующего металла из его соединений. Создание сверхлёгких материалов с высокой удельной прочностью и повышенной пластичностью является в настоящее время одной из основных задач науки, обусловленной развитием современной техники [8, 9].

В этой связи большой интерес представляют алюминиевые сплавы, легированные ванадием и литием. Вопрос об использовании лития в качестве легирующего элемента проводниковых лёгких сплавов давно привлекает внимание металлургов. Дополнительное легирование и модифицирование этого класса сплавов щелочными, щелочноземельными и редкоземельными металлами и изучение их взаимодействия с основой сплава позволяет создать на их основе новые материалы [10-12].

Материалы и методики исследования

Целью данного сообщения является исследование анодного поведения сплава алюминия с 0,1 масс. % ванадия (AlV0.1), легированного литием в среде раствора $NaCl$, различной концентрации.

Для получения тройных сплавов алюминиевый сплав AlV0.1 нами легировался металлическим литием марки ЛЭ-1 (99,9%Li) в шахтной лабораторной печи типа СШОЛ при температуре 800...850 °С. Содержание лития в исходном сплаве варьировалось в пределах 0,01...0,5%. Из полученных сплавов для исследования электрохимических свойств отливались цилиндрические образцы диаметром 8 мм, длиной 140 мм в графитовую изложницу. Химические анализы компонентов сплавов выполнялось в Центральной заводской лаборатории ОАО «ТАЛКО».

Для изучения электрохимических свойств сплавов применяли потенциостатический метод исследования, подробно описанный в работах [13-15]. Электрохимические испытания образцов проводили потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме на потенциостате ПИ-50-1.1 со скоростью развёртки потенциала 2 мВ/с, в среде раствора $NaCl$. Электродом сравнения служил хлорид-серебряный, вспомогательным — платиновый.

Учитывая то, что на величину потенциала существенно влияет подготовка рабочей поверхности образцов (электрода), измерения потенциала во времени на объектах проводились при двух различных видах обработки.

При механической подготовке поверхности зачищалась наждачной бумагой,

последовательно переходя от крупной к мелкой (№ 2 - 00), а затем промывалась дистиллированной водой, полировалась на влажной фильтровальной бумаге и сушилось на воздухе. По другой методике после механической обработки проводилась химическая обработка электрода, включающая в себя обезжиривание в 10%-ной H_2SO_4 в течение 1 мин., а затем катодную поляризацию в течение 20 мин. при плотности поляризующего тока 2 мА/см^2 , с целью удаления оксидов с поверхности электрода.

При этом было показано, что через определённый промежуток времени потенциал свободной коррозии (бестоковый потенциал) принимает постоянное значение независимо от характера предварительной подготовки электрода.

Поэтому подготовка поверхности электрода нами проводилась первым методом, т.е. механической обработкой при снятии потенциодинамических кривых, также проводилась катодная поляризация поверхности электрода для удаления оксидов с поверхности. Ниже приводится подробная методика снятия поляризационных кривых сплавов в среде раствора $NaCl$ на примере сплава AlV0.1.

При электрохимических испытаниях образцы потенциодинамически поляризовали в положительном направлении от потенциала, установившегося при погружении, до резкого возрастания тока в результате питингообразования. Затем образцы поляризовали в обратном направлении до потенциала ($-1,2 \text{ В}$), в результате чего происходило растворение плёнки оксида. Наконец, образцы поляризовали снова в положительном направлении, получив анодные поляризационные кривые сплавов. Все четыре потенциодинамические кривые сплава AlV0.1 сняты в среде 3%-ого раствора $NaCl$.

По ходу прохождения полной поляризационной кривой определяли следующие электрохимические параметры:

- $-E_{ст.}$ или $E_{св.кор.}$ – стационарный потенциал или потенциал свободной коррозии;
- $-E_{р.п.}$ – потенциал репассивации;
- $-E_{п.о.}$ – потенциал питтингообразования;
- $-E_{кор.}$ – потенциал коррозии;
- $-i_{кор.}$ – ток коррозии.

Учитывая, что в нейтральных средах

процесс коррозии алюминия и его сплавов контролируется катодной реакцией ионизации кислорода, расчёт тока коррозии проводили из катодной ветви потенциодинамических кривых, с учётом тафелевской константы, равной $0,12 \text{ В}$. Скорость коррозии K определяли по току коррозии ($i_{кор.}$) по формуле $K = i_{кор.} \cdot k$, где $k = 0,335 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$ – электрохимический эквивалент алюминия.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Исследования коррозионно-электрохимических свойств сплавов проводили согласно рекомендациям ГОСТ 9.017-74 в среде раствора 3,0%-ого $NaCl$ (заменителя морской воды) с целью определения влияния хлорид-иона на коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевого проводникового сплава AlV0.1, легированного литием.

Временная зависимость потенциала свободной коррозии сплавов как в среде 3%-ого раствора $NaCl$ (табл.), так и в средах 0,03% и 0,3%-ого $NaCl$ (рис. 1) характеризуются смещением в положительную область от времени, не зависимо от содержания лития в исходном сплаве. Стабилизация потенциала свободной коррозии происходит через 20 мин. и имеет постоянную величину (рис. 1).

В табл. приведены результаты исследования коррозионно-электрохимического поведения алюминиевого проводникового сплава AlV0.1, легированного литием, в среде раствора $NaCl$, различной концентрации, при скорости развёртки потенциала 2 мВ/с . Во всех исследованных средах с ростом концентрации лития наблюдается смещение в положительную область потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации.

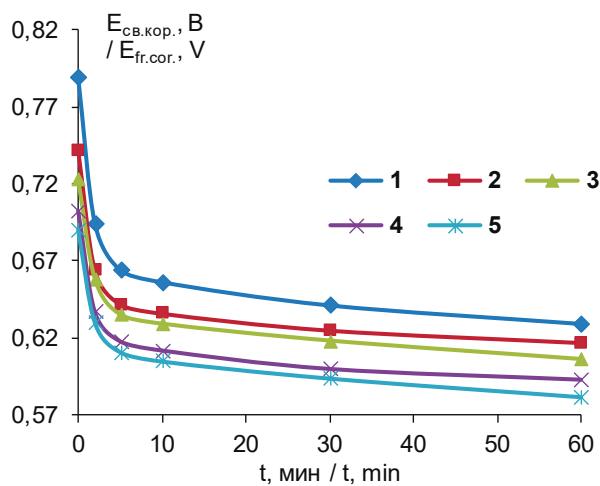
Во всех трёх исследованных средах раствора $NaCl$ добавки лития в сплав AlV0.1 до 0,5 масс.% способствуют снижению скорости коррозии на 8...13% (табл.).

Зависимость скорости коррозии алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с литием в среде раствора 0,03, 0,3 и 3,0%-ого $NaCl$ представлены на рис. 2. Во всех исследованных средах раствора $NaCl$ добавка лития уменьшает скорость коррозии алюминиевого проводникового сплава AlV0.1. При этом рост концентрации раствора $NaCl$ (хло-

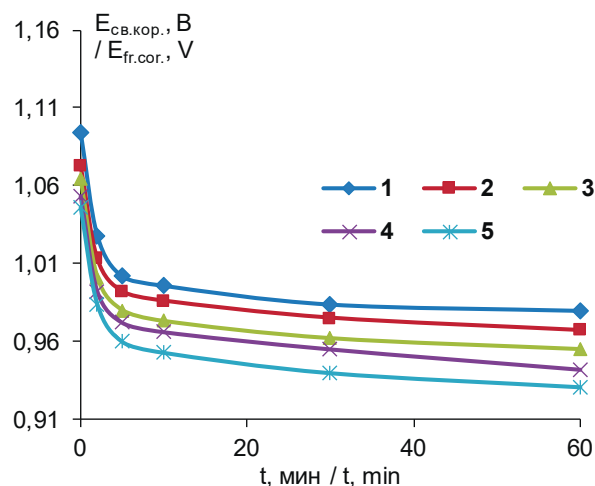
Таблица. Коррозионно-электрохимические характеристики (х.с.э.) алюминиевого проводникового сплава АIV0.1, легированного литием, в среде раствора NaCl

Table. Corrosion-electrochemical characteristics (c.e.c.) of aluminum conductor alloy AIV0.1, lithium alloyed, in NaCl solution

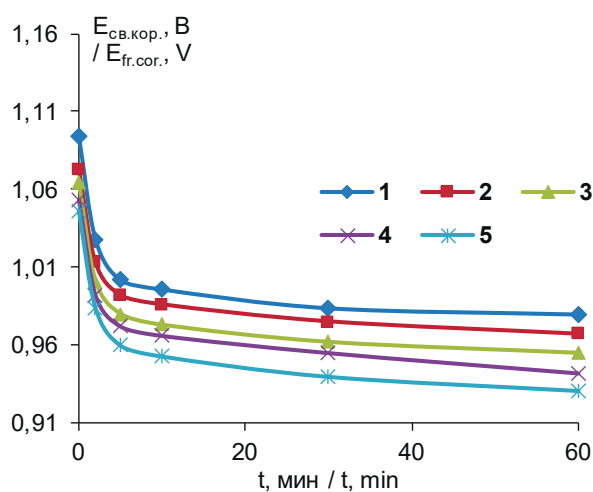
Среда NaCl / NaCl medium	Содержание лития, в сплаве / Lithium content in alloy	Электрохимические потенциалы, В (х.с.э.) / Electrochemical potentials, V (s.c.e.)				Скорость коррозии / Corrosion rate	
		$\frac{-E_{кор1}}{-E_{cor1}}$	$\frac{-E_{кор4}}{-E_{cor4}}$	$\frac{-E_{н.о.}}{-E_{p.f.}}$	$\frac{-E_{рн.}}{-E_{rp.}}$	$\frac{i_{кор} \cdot 10^2, \text{ A/m}^2}{i_{cor} \cdot 10^2, \text{ A/m}^2}$	$\frac{K \cdot 10^3, \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}}{K \cdot 10^3, \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}}$
масс. % / wt. %							
0,03	0,0	0,629	1,150	0,650	0,760	6,1	20,43
	0,01	0,617	1,139	0,638	0,740	5,9	19,76
	0,05	0,606	1,130	0,630	0,731	5,7	19,09
	0,1	0,593	1,120	0,621	0,722	5,5	18,42
	0,5	0,582	1,111	0,612	0,713	5,3	17,75
0,3	0,0	0,791	1,186	0,740	0,810	8,1	27,13
	0,01	0,778	1,170	0,721	0,796	7,9	26,46
	0,05	0,767	1,160	0,711	0,787	7,7	25,79
	0,1	0,755	1,150	0,702	0,777	7,5	25,12
	0,5	0,742	1,140	0,693	0,768	7,3	24,45
3,0	0,0	0,980	1,210	0,850	0,940	9,8	32,83
	0,01	0,967	1,190	0,830	0,921	9,6	32,16
	0,05	0,955	1,179	0,821	0,912	9,4	31,49
	0,1	0,942	1,170	0,811	0,901	9,2	30,82
	0,5	0,931	1,159	0,802	0,892	9,0	30,15



a



b



c

Рис. 1. Временная зависимость потенциала свободной коррозии ($-E_{св.кор.}$, В), алюминиевого проводникового сплава AIV0.1 (1), содержащего литий, масс. %: 0,01(2); 0,05(3); 0,1(4); 0,5(5), в среде раствора 0,03% (a), 0,3% (b) и 3,0% (c) NaCl

Fig. 1. Time dependence of the potential of free corrosion ($-E_{free.cor.}$, V) of the aluminum conductor alloy AIV0.1 (1), containing lithium, wt. %: 0.01(2); 0.05(3); 0.1(4); 0.5(5), in a solution environment of 0.03% (a), 0.3% (b), and 3.0% (c) NaCl

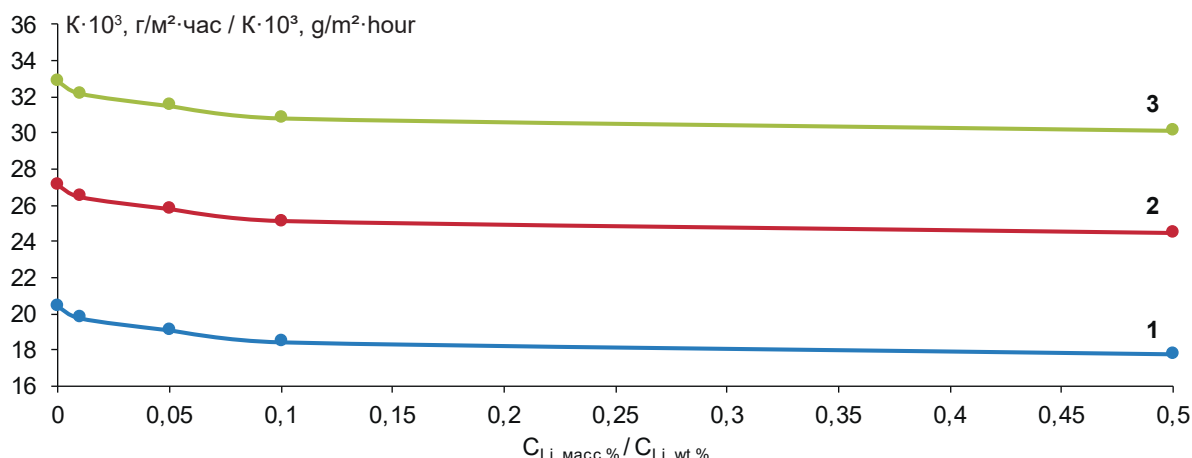


Рис. 2. Зависимость скорости коррозии алюминиевого проводникового сплава AIV0.1 от концентрации лития, в среде раствора 0,03%(1); 0,3%(2) и 3,0%(3) NaCl

Fig. 2. Dependence of the corrosion rate of the aluminum conductor alloy AIV0.1 on the lithium concentration, in a solution environment of 0.03%(1); 0.3%(2) and 3.0%(3) NaCl

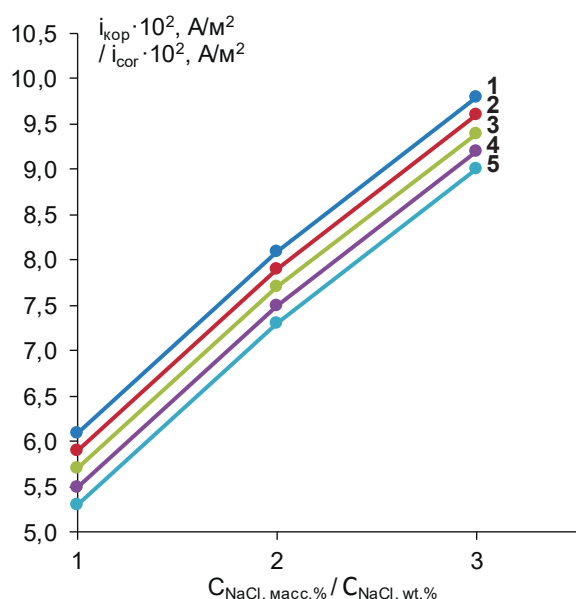


Рис. 3. Зависимость плотности тока коррозии алюминиевого проводникового сплава AIV0.1(1) с литием, масс.%, 0,01(2); 0,05(3); 0,1(4); 0,5(5) от концентрации раствора NaCl

Fig. 3. Dependence of the corrosion current density of the aluminum conductor alloy AIV0.1(1) with lithium, wt.%, 0.01(2); 0.05(3); 0.1(4); 0.5(5) on the concentration of NaCl solution

рид-иона) способствует увеличению скорости коррозии сплавов (рис. 3). Скорость коррозии и плотность тока коррозии алюминиевого проводникового сплава AIV0.1 имеют минимальное значение при концентрации 0,5 масс.% лития.

С ростом концентрации лития потенциалы свободной коррозии ($-E_{св.кор.}$) и питтингообразования ($-E_{п.о.}$) смещаются в положительную область значений, а плотность тока коррозии сплавов уменьшается. Указанные изменения сопровождаются сдвигом в область положительных значений анодных ветвей потенциодинамических кривых исходного сплава, легированного литием, по сравнению с исходным сплавом.

Заключение

Экспериментальные результаты исследуемых сплавов показывают неравномерную адсорбцию хлорид-ионов при достижении потенциала пробоя. Кинетика пробоя пленки при этом определяется концентрацией хлоридов, толщиной пленки и электродным потенциалом.

Основным фактором, влияющим на рост скорости возникновения питтинга является рост напряженности электрического поля в оксидных плёнках. Галоиды, абсорбируясь на определённых участках оксидной плёнки, резко изменяют ее электрофизические

свойства, делают ее ионным проводником. Последнее способствует уменьшению толщины оксида на участках и обуславливает повышение напряженности электрического поля, что приводит к дальнейшему увеличению адсорбции галоидных анионов, т.е. к еще большему ускорению коррозионного процесса и развития питтинга.

Применительно к алюминиевому проводниковому сплаву AlV0.1, легированному литием, следует отметить, что с ростом концентрации хлорид-иона в 10 и 100 раз наблюдается смещение потенциала питтингообразования в отрицательную область. Это, в целом, отрицательно влияет на коррозионную стойкость сплавов (табл.). Рост концентрации хлорид-иона и смещение потенциала питтингообразования в отрицательную область приводит к росту скорости анодной коррозии от 17,75 г/м²·час для сплава AlV0.1 с 0,5 масс.% литием, в среде раствора 0,03%-ого NaCl до 30,15 г/м²·час, в среде раствора 3,0%-ого NaCl.

Добавка лития несколько смещает в положительную область потенциал питтингообразования сплавов, что, в целом, способствует уменьшению скорости коррозии исходного сплава на 8...13%, т.е. повышает устойчивость исходного сплава к питтинговой коррозии.

Литература

1. Еремеев Н.В., Петров А.П., Тарарышкин В.И., Еремеев В.В. Концепция развития технологии получения проводниковых алюминиевых сплавов // Технология машиностроения. – 2011. – № 8. – С. 5-10.
2. Белов Н.А. Проводниковые алюминиевые сплавы с повышенной прочностью и термостойкостью // В сборнике: Перспективные материалы и технологии. Материалы международного симпозиума. В 2-х частях. Под редакцией В.В. Рубаника. – 2017. – С. 9-11.
3. Байдин Н.Г., Филатов Ю.А., Снегирева Л.А., Силис М.И., Никитина М.А. Исследование и разработка алюминиевого сплава с повышенной электропроводимостью на основе системы Al-Sc-Zr // Технология легких сплавов. – 2017. – № 2. – С. 12-15.
4. Телешов В.В., Захаров В.В., Запольская В.В. Развитие алюминиевых сплавов для термостойких проводов с повышенной

прочностью и высокой удельной электропроводимостью // Технология легких сплавов. – 2018. – № 1. – С. 15-26.

5. Короткова Н.О., Белов Н.А., Авксентьева Н.Н., Аксенов А.А. Влияние добавки кальция на фазовый состав и физико-механические свойства проводникового сплава Al-0.5% Fe-0.2% Si-0.2% Zr-0.1% Sc // Физика металлов и металловедение. – 2020. – Т. 121, № 1. – С. 105-112.

6. Васильев Е.Б., Ленская Е.В. Тенденции развития кабельной промышленности в странах Юго-Восточной Азии (Заседание Генеральной Ассамблеи AWCCA 2020) // Кабели и провода. – 2021. – № 1 (387). – С. 35-43.

7. Семенов А.В. Свойства материалов, применяемых в производстве электропроводки // Проблемы науки. – 2021. – № 6 (65). – С. 28-31.

8. Гречников Ф.В., Демьяненко Е.Г., Попов И.П. Разработка технологии получения алюминиевых сплавов высокой прочности и электропроводности // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. – 2014. – № 6. – С. 17-21.

9. Исмаилов Н.Ш., Ибрагимов Х.А. Разработка малолегированного алюминиевого сплава для электротехнических изделий // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 1, № 6. – С. 236-240.

10. Васина М.А. История получения и применения алюминия и его сплавов // Вопросы истории естествознания и техники. – 2020. – Т. 41, № 3. – С. 560-575.

11. Никитин К.В., Никитин В.И., Гольцов К.А., Борисов С.В. Применение электротехнических отходов в производстве алюминиевых и медных сплавов // Литейщик России. – 2010. – № 7. – С. 40-43.

12. Сидельников С.Б., Рааб Г.И., Мурашкин М.Ю., Трифоненков Л.П., Беспалов В.М. Исследование влияния интенсивной пластической деформации на структуру и физико-механические свойства полуфабрикатов электротехнического назначения из алюминиевых сплавов с переходными и редкоземельными металлами // Моделирование и развитие процессов ОМД. – 2014. – № 20. – С. 12-21.

13. Ганиев И.Н., Джайлоев Дж.Х., Ганиева Н.И., Ходжаназаров Х.М., Холов Е.Дж., Амонзода И.Т. Анодное поведение проводников алюминиевого сплава E-AlMgSi

(“алдрей”) с кадмием в растворе NaCl // Практика противокоррозионной защиты. – 2023. – Т. 28, № 4. – С. 22-29.

14. Ганиев И.Н., Абулаков А.П., Джайлов 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.

15. Ганиев И.Н., Алиев Ф.А., Одиназода Х.О., Сафаров А.М., Усмонов Р. Коррозия алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi (“алдрей”) легированного индием // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. – 2020. – Т. 23, № 2. – С. 151-161.

References

1. Ereemeev, N. V., Petrov, A. P., Tararyshkin, V. I., & Ereemeev, V. V. (2011). Concept of development of technology for obtaining conductive aluminum alloys. *Technology of Mechanical Engineering*, (8), 5-10. (in Russ.)

2. Belov, N. A. (2017). Conductive aluminum alloys with increased strength and heat resistance. In the collection: *Promising materials and technologies*. Materials of the international symposium. In 2 parts. Edited by V.V. Rubanik, 9-11. (in Russ.)

3. Baydin, N. G., Filatov, Yu. A., Snegireva, L. A., Silis, M. I., & Nikitina, M. A. (2017). Study and development of an aluminum alloy with increased electrical conductivity based on the Al-Sc-Zr system. *Technology of Light Alloys*, (2), 12-15. (in Russ.)

4. Teleshov, V. V., Zakharov, V. V., & Zapolskaya, V. V. (2018). Development of aluminum alloys for heat-resistant conductors with increased strength and high specific electrical conductivity. *Technology of Light Alloys*, (1), 15-26. (in Russ.)

5. Korotkova, N. O., Belov, N. A., Avksenteva, N. N., & Aksenov, A. A. (2020). Influence of calcium addition on the phase composition and physico-mechanical properties of the conductor alloy Al-0.5% Fe-0.2% Si-0.2% Zr-0.1% Sc. *Physics of Metals and Metallography*, 121(1), 105-112. (in Russ.)

6. Vasiliev, E. B., Lenskaya, E. V. (2021). Trends in the development of the cable industry

in Southeast Asian countries (Meeting of the General Assembly of AWCCA 2020). *Cables and Wires*, 1 (387), 35-43. (in Russ.)

7. Semenov, A. V. (2021). Properties of materials used in the production of electrical wiring. *Problems of Science*, 6(65), 28-31. (in Russ.)

8. Grechnikov, F. V., Demianenko, E. G., & Popov, I. P. (2014). Development of technology for obtaining high-strength and conductive aluminum alloys. Proceedings of Higher Educational Institutions. *Non-Ferrous Metallurgy*, (60), 17-21. (in Russ.)

9. Ismailov, N. Sh., Ibragimov, Kh. A. (2017). Development of low-alloy aluminum alloy for electrical products. *Achievements of Modern Science*, 1(6), 236-240. (in Russ.)

10. Vasina, M. A. (2020). History of obtaining and application of aluminum and its alloys. *Questions of the History of Natural Science and Technology*, 41(3), 560-575. (in Russ.)

11. Nikitin, K. V., Nikitin, V. I., Goltsov, K. A., & Borisov, S. V. (2010). Use of electrical waste in the production of aluminum and copper alloys. *Russian Foundryman*, (7), 40-43. (in Russ.)

12. Sidelnikov, S. B., Raab, G. I., Murashkin, M. Yu., Trifonenkov, L. P., & Beshpalov, V. M. (2014). Study of the influence of intensive plastic deformation on the structure and physico-mechanical properties of semi-finished products for electrical purposes made of aluminum alloys with transition and rare earth metals. *Modeling and Development of PMD Processes*, 20, 12-21. (in Russ.)

13. Ganiev, I. N., Dzhayloev, D. Kh., Ganiva, N. I., Khodjanazarov, Kh. M., Kholov, E. Dzh., & Amonzoda, I. T. (2023). Anodic behavior of the conductive aluminum alloy E-AlMgSi (“aldrey”) with cadmium in a NaCl solution. *Theory and Practice of Corrosion Protection*, 28(4), 22-29. (in Russ.)

14. Ganiev, I. N., Abulakov, A. P., Dzhayloev, D. Kh., Aliev, F. A., & Rashidov, A. R. (2019). Corrosion-electrochemical behavior of the aluminum conductor alloy E-AlMgSi (“aldrey”) with tin in an electrolyte solution of NaCl. *Theory and Practice of Corrosion Protection*, 22(2), 128-134. (in Russ.)

15. Ganiev, I. N., Aliev, F. A., Odinazoda, Kh. O., Safarov, A. M., Usmonov, R. (2020). Corrosion of the aluminum conductor alloy E-AlMgSi (“aldrey”) alloyed with indium. Proceedings of Higher Educational Institutions. *Materials of Electronic Engineering*, 23(2), 151-161.



Информация об авторах

Ганиев Изатулло Наврузович, академик НАН Таджикистана, д.х.н., профессор, зав. лабораторией, Институт химии имени В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана, г. Душанбе, Республика Таджикистан

Курбонов Далерджон Чилаевич, докторант, Институт химии имени В.И. Никитина НАНТ, г. Душанбе, Республика Таджикистан

Ходжаназаров Хайрулло Махмудхонович, к.т.н., с.н.с., Институт химии имени В.И. Никитина НАНТ, г. Душанбе, Республика Таджикистан

Джайлоев Джамшед Хусейнович, к.т.н., в.н.с., Институт химии имени В.И. Никитина НАНТ, г. Душанбе, Республика Таджикистан

Information about authors

Izatullo N. Ganiev, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Head of Laboratory, V.I. Nikitin Chemistry Institute of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan

Dalerjon C. Kurbonov, Ph.D. student, V.I. Nikitin Institute of Chemistry of the National Academy of Sciences of Tajikistan

Khayrullo M. Khojanazarov, Ph.D. of Technical Sciences, senior researcher, V.I. Nikitin Institute of Chemistry of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan

Jamshed H. Jayloev, Ph.D. of Technical Sciences, leading researcher, V.I. Nikitin Institute of Chemistry of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan

В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова

Ингибирование сероводородной и углекислотной коррозии металлов. Универсализм ингибиторов

Объем издания: 15,25 п.л. (253 стр.)
Стоимость 600 рублей

В монографии обобщены литературные данные и результаты многолетних исследований, выполненных под руководством авторов по вопросам ингибирования коррозии углеродистой стали в сероводородных и углекислотных средах. Значительное внимание уделено разработке критериев защитной эффективности ингибиторов, особенностям кинетики и механизма разрушения стали в присутствии H_2S и CO_2 в

слабокислых и близких к нейтральным минерализованным средам. Анализируется действие большого количества промышленных ингибиторов и лабораторных образцов, в том числе на основе имидазолинов, алифатических, циклических и оксиэтилированных аминов. Рассматривается их защитная эффективность, влияние на кинетику электродных реакций, бактерицидные свойства, и интегральная токсикологическая характеристика, торможение твердофазной диффузии водорода и воздействие на сохраняемость механических свойств стали в сероводородных и углекислотных средах и при совместном присутствии H_2S и CO_2 .