

УДК 544.636/.638

*Варламова А.С., Харитонов Д.С., Иванова Н.П., Курило И.И.*  
**ИНГИБИРОВАНИЕ КОРРОЗИИ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ  
МАЛОРАСТВОРИМЫМИ ВАНАДАТАМИ**

*Белорусский государственный технологический университет, Минск*

**Введение.** В настоящее время алюминий и его сплавы широко применяются во многих отраслях промышленности. Основными достоинствами материалов на основе алюминия является их малый удельный вес, высокая тепло- и электропроводность, привлекательный внешний вид, легкость обработки и относительно высокая коррозионная устойчивость, что объясняет их применение при изготовлении теплообменной аппаратуры, строительных материалов, емкостей для химических продуктов, в самолето- и кораблестроении. Однако контакт алюминиевых сплавов с агрессивными средами и наличие в их составе включений других металлов (преимущественно меди и магния), образующих микрогальванические элементы на поверхности сплавов, обуславливает их низкую устойчивость к питтинговой коррозии.

Исторически наиболее эффективными ингибиторами коррозии алюминия являются соединения хрома(VI) – хроматы, которые ввиду своей токсичности и экологической опасности в настоящее время практически не используются. Эффективной заменой хроматам являются ингибиторы на основе солей церия и других редкоземельных металлов, а также ионов-окислителей (перманганатов, молибдатов) [1], при этом одним из наиболее перспективных вариантов замены хроматов являются ингибиторы на основе ванадатов, которые хорошо зарекомендовали себя в качестве ингибиторов коррозии стали, цинка и некоторых сплавов алюминия с высоким содержанием меди [1, 2]. По сравнению с соединениями хрома ванадаты обладают значительно меньшей токсичностью, обеспечивая при этом сопоставимый с хроматами защитный эффект.

Целью данной работы является исследование возможности применения ортованадата висмута, который используется как желтый пигмент в рецептурах лакокрасочных материалов, в качестве ингибитора коррозии наиболее широко применяемых в отечественной промышленности сплавов алюминия.

**Материалы и методы исследования.** Для исследований использовали образцы сплавов алюминия марок АД 0, АД 31 и АМЦ (таблица 1).

Для оценки ингибирующих свойств ортованадата висмута проводили потенциостатические исследования с использованием потенциостата марки ПИ-50-1 и программатора ПР-8 в стандартной трехэлектродной ячейке с платиновым вспомогательным электродом и хлорсеребряным электродом сравнения. Поляризационные измерения проводили в 0,05 М растворе NaCl без добавки и с добавкой ортованадата висмута в количестве 0; 1; 3 и 6 г/дм<sup>3</sup> при постоянном перемешивании суспензии. Образцы алюминия предварительно полировались, обезжиривались ацетоном и подтраивались в 1 М растворе NaOH. Исследуемая площадь всех образцов составляла 1 см<sup>2</sup>. Токи коррозии для системы алюминий–суспензия пигмента ортованадата висмута определяли

графически методом экстраполяции тафелевских участков катодных и анодных поляризационных кривых. Поляризационные кривые построены по трем параллельным опытам в шкале стандартного водородного электрода.

Таблица 1. Номинальный состав алюминиевых сплавов по ГОСТ 4784-97

Марка сплава	Массовая доля элементов, %								
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al, не менее
АД 0	0,25	0,40	0,05	0,05	0,05	—	0,07	0,05	99,50
АД 31	0,20— 0,60	0,50	0,10	0,10	0,45— 0,90	0,10	0,20	0,15	баланс
АМЦ	0,60	0,70	0,20	1,00—1,50	0,20	—	0,10	0,10	баланс

**Результаты исследования и их обсуждение.** Значения бестоковых потенциалов для сплавов алюминия АД 0, АД 31 и АМЦ в растворе хлорида натрия составляют  $-0,470$ ,  $-0,475$  и  $-0,503$  В соответственно и свидетельствуют о протекании процессов самопроизвольной коррозии, обусловленной образованием микрогальванических пар (Al-Cu, Al-Fe, Al-Mg, Al-Zn и др.). Указанные величины значительно превышают стандартный окислительно-восстановительный потенциал более активного компонента (Al), что объясняется уменьшением термодинамической активности атомов сплава вследствие уменьшения свободной энергии реакции образования сплава. Введение в раствор ортованадата висмута приводит для сплава АД 0 к уменьшению значений бессточного потенциала, для АМЦ — к увеличению, а для АД 31 с ростом содержания  $\text{BiVO}_4$  наблюдается экстремальная зависимость этой величины. Данные закономерности объясняются различной восстановительной активностью компонентов сплавов по отношению к пигменту.

Наложение анодной поляризации на стационарный потенциал приводит к интенсификации процесса окисления металлов. Квазистационарные поляризационные кривые разряда и ионизации сплавов алюминия в области равновесного потенциала в растворе хлорида натрия и в суспензиях ортованадата висмута в растворе хлорида натрия представлены на рисунке 1.

Анодные ветви поляризационных кривых для исследуемых сплавов линейны в широком интервале плотностей тока и в координатах  $E - \lg i_a$  имеют тафелевский наклон в  $0,05$  М NaCl около  $0,59$ ,  $0,50$  и  $0,47$  В для сплавов АД 0, АД 31 и АМЦ соответственно. Введение в раствор  $\text{BiVO}_4$  приводит к незначительному увеличению угловых коэффициентов.

На катодных ветвях поляризационных кривых для всех исследуемых сплавов наблюдаются несколько участков с различными угловыми коэффициентами (критерии стадийности изломов Лосева). Экстраполяция линейных анодных и катодных участков на равновесный потенциал приводит к различающимся по величине токам обмена (критерий Феттера), что свидетельствует о стадийности катодного процесса. Угловые коэффициенты

для наиболее выраженных тафелевских участков составляют 0,67, 0,50 и 0,52 В для сплавов АД 0, АД 31 и АМЦ соответственно.

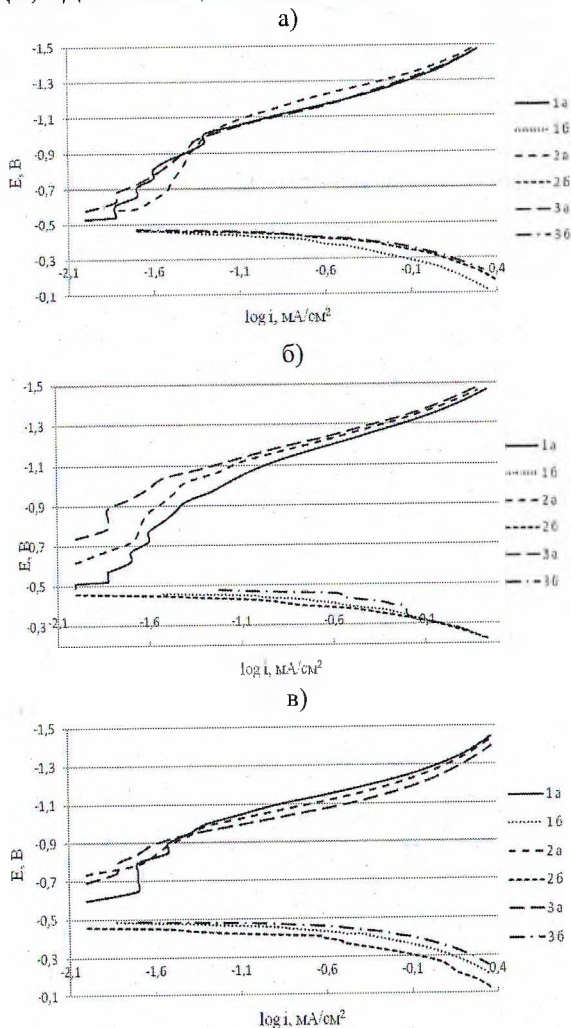


Рисунок 1. Квазистационарные катодные (1а–3а) и анодные (1б–3б) поляризационные кривые сплавов алюминия: АД0 (а), АД31 (б) и АМЦ (в). Состав электролита, моль/дм<sup>3</sup>: 1 – NaCl 0,05; 2 – NaCl 0,05, BiVO<sub>4</sub> 0,01; 3 – NaCl 0,05, BiVO<sub>4</sub> 0,02.

Введение в раствор ортованадата висмута в случае сплава АД 31 не приводит к существенному изменению токов коррозии. При содержании в растворе ортованадата висмута менее 0,01 моль/дм<sup>3</sup> для сплавов АД 0 и АМЦ наблюдается резкое снижение токов коррозии в 5 и 3 раза соответственно.

Дальнейшее увеличение содержания  $\text{BiVO}_4$  приводит к незначительной интенсификации коррозионных процессов.

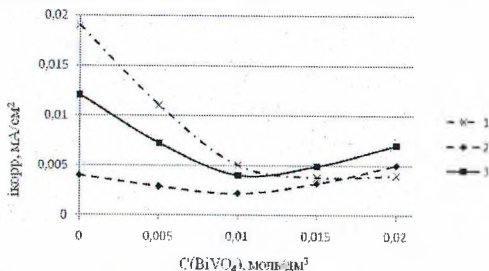


Рисунок 2. Токи коррозии сплавов алюминия: АД0 (1), АД31 (2) и АМЦ (3) в зависимости от содержания ортованадата висмута в 0,05 М растворе  $\text{NaCl}$

**Заключение.** Установлено что, наиболее выраженный ингибирующий эффект ортованадат висмута проявляет по отношению к процессу коррозии сплавов АД 0 и АМЦ при его содержании в растворе менее 0,01 моль/дм<sup>3</sup>. Показано, что  $\text{BiVO}_4$  целесообразно использовать в качестве пигмента для лакокрасочных материалов, предназначенных для защиты сплавов алюминия от атмосферной коррозии.

#### Литературные источники

1. Cook, R. L. Pigment-Derived Inhibitors for Aluminum Alloy 2024-T3 / R. L. Cook, S. R. Taylor // Corrosion. – 2000. – Vol. 56, No. 3. – P. 321–333.
2. Hurley, B. L. Corrosion Inhibition of Zinc by Aqueous Vanadate Species / B. L. Hurley, K. D. Ralston, R. G. Buchheit // J. Electrochem. Soc. – 2014. – Vol. 161, iss. 10. P. 471–475.

*Varlamova A.S., Kharitonov D.S., Ivanova N.P., Kurilo I.I.*

#### SYNTHESIS OF VANADIUM-CONTAINING PIGMENTS BASED ON THE PRODUCTS OF INDUSTRIAL WASTE UTILIZATION

*Belarusian State Technological University, Minsk*

#### Summary

In work the urgency, the importance and scientific novelty of the chosen direction of researches is designated. The dependency of AD 0, AD 31 and AMC alloys corrosion currents from the content  $\text{BiVO}_4$  in 0.05 M  $\text{NaCl}$  has been identified on the basis of electrochemical studies data. The expediency of using bismuth orthovanadate as a pigment in paint-and-varnish materials for protection aluminum alloys has been determined.