

из электролита №2 получено при плотности тока 1 А/дм². Для покрытий, полученных из электролита №1, увеличение плотности тока не влияет на значение микрошероховатости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинникова, К.В. Особенности и кинетические закономерности электроосаждения композиционного электролитического покрытия никель-кобальт-оксид алюминия из хлоридного электролита / К.В. Овчинникова [и др.] // Технические науки. – 2019. – № 3. – с. 50 – 56.
2. Zhang, Y. Preparation and Investigation of Ni–Co–P Alloy Coatings Using Jet Electrodeposition with Varying Pulse Parameters / Y. Zhang [et al.] // Crystals. – 2023 – V. 13, № 303. – P. 1 – 16.
3. Zhang Sh. Numerical and Experimental Investigation of the Effect of Current Density on the Anomalous Codeposition of Ternary Fe-Co-Ni Alloy Coatings /Sh. Zhang [et al.] // Materials. – 2022. V. 15. – P. 6141 – 6157.

УДК 620.193.46:620.197.2

А. В. Тарасевич, асп.; А. Д. Скобиола, маг.;
И. М. Жарский, проф., канд. хим. наук;
В. Г. Матыс, доц., канд. хим. наук; Н. Л. Коцур, маг.
(БГТУ, Минск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ КИСЛОТНОГО ГИДРОЛИЗА ТЕТРАЭТОКСИСИЛАНА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ БЕСХРОМОВЫХ КОНВЕРСИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ

Гальванические цинковые покрытия широко используются в промышленности для защиты стальных изделий от коррозии. Без дополнительной обработки цинк быстро подвергается коррозионному разрушению, так как цинк является активным металлом, поэтому цинк принято пассивировать, причем коррозионная стойкость пассивных конверсионных покрытий определяет длительность защиты самих изделий от коррозионного разрушения. Традиционно для пассивации цинковых покрытий используют растворы на основе соединений шестивалентного хрома, образующие на поверхности цинкового покрытия конверсионные покрытия с высокими защитными свойствами. Тем не менее, в последнее время наблюдается тенденция перехода на бесхромовые растворы пассивации, что обусловлено токсичностью ионов шестивалентного хрома. Разработанные на данный момент неорганические бесхромовые покрытия, как правило, обладают рядом

недостатков, не характерных хроматным пассивным покрытиям, таких как низкая защитная способность и отсутствие эффекта «самозалечивания». Для повышения защитных свойств покрытий ведутся исследования, направленные на повышение защитных свойств покрытий совместным использованием при приготовлении растворов пассивации органофункциональных силанов и неорганических солей. Нами изучались бесхромовые титан- и цирконийсодержащие растворы пассивации, модифицированные введением в состав растворов продуктов кислотного гидролиза тетраэтоксисилана.

Объектом исследования выступали стальные шайбы типа DIN 9021 с площадью обрабатываемой поверхности 2 см², которые подвергались предварительной подготовке, цинкованию и последующей пассивации цинкового покрытия в исследуемых растворах. Подготовка поверхности к цинкованию включала обезжиривание в ацетоне, травление (1–2 мин) в растворе 120 г/л HCl, 10 г/л уротропин, активацию (0,5–1 мин) в растворе 90 г/л H₂SO₄. Цинкование проводилось в хлоридно-аммонийном электролите с блескообразующими добавками Chemeta AC-45 при плотности тока 2 А/дм², осаждаемая толщина цинкового покрытия составляла 12 мкм. После цинкования проводилось осветление цинкового покрытия (2–5 с) в растворе 10 г/л HNO₃ с дальнейшей пассивацией в исследуемых растворах.

Проведено 2 серии экспериментов по изучению титансодержащих и цирконийсодержащих растворов пассивации, модифицированных введением в состав растворов продуктов кислотного гидролиза тетраэтоксисилана. Составы цирконийсодержащих растворов пассивации приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Компоненты цирконийсодержащих растворов пассивации оцинкованной стали

Компонент раствора:	Содержание компонентов раствора, моль/л							
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
ZrO(NO ₃) ₂	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
H ₂ O ₂	–	–	–	–	2,4	2,4	1	1
K ₂ SiF ₆	0,01	–	–	0,01	0,01	0,01	–	–
Na ₃ PO ₄	0,1	–	–	–	–	–	–	–
pH раствора	2	2	2	2	8	2	3	2
ТЭОС(гидр.)	41,9 мл/л	41,9 мл/л	41,9 мл/л	41,9 мл/л	41,9 мл/л	41,9 мл/л	41,9 мл/л	41,9 мл/л

Гидролиз тетраэтоксисилана (ТЭОС) проводили непосредственно перед приготовлением растворов пассивации, процесс проводился в следующей последовательности: в пробирке поочередно смешивали изопропанол, ТЭОС, воду и азотную кислоту в молярных соотношениях 4:1:16:0,6, во избежание образования геля вода и азотная кислота смешивалась в отдельной пробирке, после чего добавлялась в

раствор спирта и тетраэтоксисилана. Также чтобы предотвратить образование геля содержащее пробирки интенсивно перемешивалось сразу после смешивания. В процессе гидролиза также перемешивали содержащее пробирки каждые 20-30 минут. Гидролиз проводили на протяжении 5 ч. при температуре 40 °С на водяной бане с использованием термостата «5 ОК-20/0, 05СИ-03». Проведение гидролиза считалось успешным при получении однородного прозрачного или немного мутноватого раствора. В случае выпадения геля на дно пробирки или в случае пожелтения пробу не использовали. При приготовлении растворов продукты гидролиза ТЭОС добавлялись в раствор при перемешивании магнитной мешалкой после растворения всех неорганических компонентов раствора, после доводился уровень рН.

Составы титансодержащих растворов пассивации приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Компоненты цирконийсодержащих растворов пассивации оцинкованной стали

Компонент раствора:	Содержание компонентов раствора, моль/л			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
TiOSO ₄	0,01	0,02	0,01	0,01
H ₂ O ₂	0,1	0,1	0,1	0,05
рН раствора	2	2	8	2
ТЭОС(гидр.)	41,9 мл/л	41,9 мл/л	41,9 мл/л	41,9 мл/л

Испытания защитных свойств изучаемых покрытий проводились выдержкой в 5%_{мас.} растворе NaCl. Защитную способность покрытий определяли по времени выдержки в соляном растворе до поражения коррозией 5% площади образца. Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты ресурсных коррозионных испытаний бесхромовых конверсионных покрытий

Время до поражения коррозией 5% площади образца с:	Номер раствора пассивации, соответствующий образцу							
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
Zr-содержащим покрытием	0 сут	1 сут	1 сут	7 сут	0 сут	10 сут	7 сут	14 сут
Ti-содержащим покрытием	1 сут	1 сут	7 сут	7 сут	–	–	–	–

В результате испытаний установлено, что образцы, полученные в Zr-содержащих растворах в ходе ресурсных коррозионных испытаний, продемонстрировали лучшую защитную способность, чем образцы, полученные в Ti-содержащих растворах. Образцы, полученные в Zr-содержащем растворе пассивации № 8, подверглись коррозионному поражению спустя 14 суток коррозионных испытаний, что по защитной способности превосходит хромитную пассивацию и соответствует хроматной пассивации.