

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА НИКЕЛИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Д16 С ХИМИЧЕСКИМ ПОДСЛОЕМ ЦИНКА

Алюминий – наиболее распространённый лёгкий металл серебристого цвета. Чистый алюминий используют в электротехнике, а также для изготовления фольги, пищевой посуды.

В связи с широким применением данного металла возникает необходимость защиты от коррозии и придания товарного вида изделиям из алюминия и его сплавов, а также для придания им функциональных свойств. Это достигается путём нанесения различных металлических и неметаллических покрытий.

По ряду причин особо сложным в нанесении на алюминий является никелевое покрытие, которое требует предварительную дополнительную обработку металла, увеличивающую адгезию никелевого покрытия к алюминиевым изделиям. В качестве такой обработки могут быть: увеличение шероховатости, контактное осаждение промежуточных слоёв металла, нанесение тонких гальванических слоёв, нанесение оксидных плёнок.

Наиболее применимыми способами является нанесение оксидных плёнок и контактное осаждение промежуточных металлических слоёв [1-3].

Метод контактного осаждения состоит в погружении алюминия в агрессивные растворы, содержащие ионы более положительного металла, что необходимо для получения промежуточной плёнки контактного металла перед нанесением покрытия. В результате взаимодействия алюминия с раствором естественная оксидная плёнка снимается и выделяется слой контактного металла, на который затем наносится покрытие. Травление поверхности алюминия в процессе контактного обмена происходит неравномерно, и она становится шероховатой, что улучшает условия осаждения и повышает адгезию покрытия с основой. Наибольшее распространение нашло контактное осаждение цинка в качестве промежуточного слоя в растворах цинкатной обработки.

Состав простейшего раствора цинкатной обработки следующий: ZnO – 5-100 г/л; NaOH – 50-500 г/л; температура  $t = 15-30$  °С, время обработки  $\tau_{\text{отр}}$  0,5-1 мин. Покрытия в концентрированных растворах получаются равномерными и имеют мелкозернистую структуру, обеспечивающую хорошее сцепление алюминия с гальваническим покрытием. Из разбавленных растворов же получают крупнокристаллические плёнки, снижающие адгезию гальванических

покрытий к алюминию. Такие растворы хотя и являются менее эффективными в сравнении с концентрированными, однако они имеют большую экономическую и социальную значимость, так как использование разбавленного электролита для контактного осаждения цинка способствует снижению материальных затрат на утилизацию и регенерацию отработанного раствора. Для улучшения адгезии в таких растворах необходимо применять различные добавки [4].

Исследование адгезии никелевого покрытия к алюминию проводили с использованием растворов цинкатной обработки, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Составы исследуемых растворов

Компоненты	Концентрация компонентов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ZnO, г/л	20	30	40	20	30	40	20	20	20	20
NaOH, г/л	125	185	250	125	185	250	125	125	125	125
Сегнетова соль, г/л	—	—	—	—	—	—	8	—	—	—
Chemeta A1-DE, мл/л	—	—	—	10	10	10	—	5	15	20

Электрохимическое никелирование проводилось в электролите, содержащем сульфат никеля – 280-320 г/л, хлорид никеля – 40-60 г/л, борную кислоту – 35-50 г/л, Nickel Carrier A5 – 15 мл/л, Nickel Additive SA-1 – 2,5 мл/л, Supreme Plus Brightener – 0,3 мл/л, Supreme Plus Leveller – 0,25 мл/л, NP-A – 2 мл/л. Нанесение покрытия проводили в нестационарном импульсном режиме при плотности тока 4 А/дм<sup>2</sup> при температуре электролита 40–45 °С с никелевыми анодами в течении 20 минут с временем импульса 10 минут и временем паузы 1 минута.

Первым этапом подбора раствора цинкатной обработки являлся подбор концентраций основных компонентов (растворы №1-3). Различия в адгезии покрытий, прошедших предварительную обработку в данных растворах были незначительны. Было решено ввести добавку в виде 10 мл/л блескообразователя Chemeta A1-DE, применяемом в гальваническом осаждении цинка [5]. В данном случае наилучшие адгезионные характеристики приобретало никелевое покрытие, с химическим подслоем цинка, полученным из самого разбавленного раствора цинкатной обработки с добавлением 10 мл/л добавки Chemeta A1-DE. Дальнейший подбор раствора цинкатной обработки заключался в определении оптимальной концентрации блескообразующей добавки. Методом апробации была выявлена перспективность применения раствора №9. Данный состав оказывал наилучшее влияние на адгезионные свойства никелевого покрытия. Адгезионные исследования проводили с помощью метода отрыва и метода нагрева при температуре 200 °С [6]. Результаты адгезионных исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты адгезионных исследований

Образцы, обработанные наждачной бумагой P320										
№ раствора	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Усилие отрыва, МПа	1,74	1,59	1,63	2,89	2,53	1,91	1,48	1,7	3,94	1,53
Термоудар 1 ч 200 °С	—	—	—	+	—	—	—	—	+	—
Образцы, обработанные наждачной бумагой P180										
Усилие отрыва, МПа	2,02	1,78	1,71	3,22	2,35	2,32	1,68	2,19	4,46	1,81
Термоудар 1 ч 200 °С	—	—	—	+	—	—	—	—	+	—

Поведение пассивированных алюминиевых покрытий с нанесённым слоем цинка исследовали методом электрохимической импедансой спектроскопии. Спектр импеданса для разбавленных электролитов в координатах Найквиста представлен на рисунке 1.

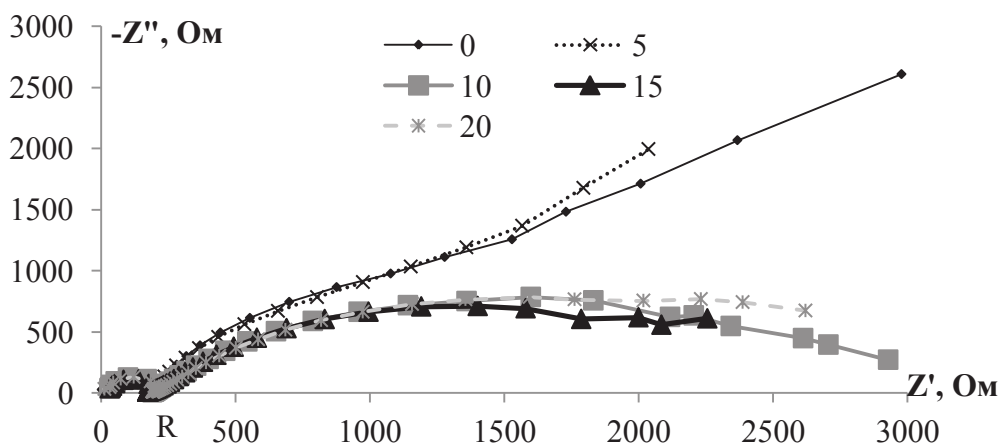


Рисунок 1 – Спектры импеданса в координатах Найквиста для исследуемых электролитов с содержанием поверхностно активной добавки Chemeta A1-DE от 0 до 20 мл/л

Из рисунка 1 видно, что влияние оксида на поверхности алюминия на спектры для образцов из сплава Д16, полученные из разбавленного раствора с поверхностно активной добавкой Chemeta A1-DE – 0 мл/л значительно выше. Добавление 5 мл/л Chemeta A1-DE не оказывает значительного изменения в процессе осаждения цинка, что, вероятно, связано с попаданием в нерабочий интервал данной добавки. Последующее увеличение концентрации данной добавки способствовало уменьшения вклада оксидных слоёв алюминия в общий процесс, т.е. в результате добавления блескообразователя снижалась толщина оксидов алюминия. Это могло быть связано с тем, что данная добавка способна экранировать поверхность алюминиевых образцов, а также улучшать распределение цинка на поверхности сплава Д16. Однако, при

концентрации добавки Chemeta A1-DE – 20 мл/л положительное влияние добавки снижалось, что может быть связано с началом мицеллообразования и снижением истинной концентрации добавки и, вследствие последнего, к снижению вклада в механизм осаждения цинковых слоёв на алюминиевые образцы.

Обработка алюминия в данном растворе позволяет получать равномерные цинкаты и никелевые покрытия, что можно наблюдать на рисунке 2.



Рисунок 2 – Изменение профиля поверхности на разных этапах обработки

Таким образом, комплексным исследованием было установлено, что наиболее оптимальными по экономическим и качественным характеристикам покрываемых деталей является раствор цинкатной обработки следующего состава: гидроксид натрия – 125 г/л, оксид натрия – 20 г/л, Chemeta A1-DE – 15 мл/л и следующего режима: время обработки – 5 минут, температура 18 – 25 °С.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гальванотехника: Справ. изд / Под общ. ред. А.М. Гинберга, А.Ф. Иванова, Л.Л. Кравченко. – М.: Металлургия, 1987. – 736 с.
2. Гальваническое покрытие алюминия и его сплавов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stroitelstvo-new.ru/metal/galvanicheskoe-pokrytie-alyuminiya.shtml> – Дата доступа: 05.12.2021.
3. Баташев К.П. Нанесение гальванических покрытий на алюминий и его сплавы [Текст]. - Ленинград : [б. и.], 1965. - 14 с.
4. Прикладная электрохимия: Учеб. для студентов хим.-технол. спец. вузов.– 2-е изд., перераб. и доп. / Н.Т. Кудрявцев; под общ. ред. Н.Т. Кудрявцева.– Москва: Химия, 1975.– 552 с.
5. [Процесс высокоблестящего щелочного цинкования Chemeta A1-DE - База химической продукции Югреактив](#) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ugreaktiv-galvanika.ru/chemetaa1-de> – Дата доступа: 07.11.2021.
6. Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом отрыва: ГОСТ 32299-2013 – введ. 08.11.2013 № 1379 – 15 с.