

ЛИТЕРАТУРА

1. Grayfer E.D., Makotchenko V.G., Albert S.N., Kim S.J. and Vladimir E.F., *Russian Chemical Reviews*, 2011, 80, 751.

УДК 544.654.2

Э.А.Чигиринец, магистр;
О.В. Линючева, проф., д-р техн. наук; М.В. Бык, доц., канд. техн. наук
(Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского», г. Киев, Украина)

О ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ АЛЮМИНИЯ ИЗ НЕВОДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Алюминий широко используется в аэрокосмической промышленности благодаря его высокой прочности, не большому весу и высокой коррозионной стойкости. Алюминий стоек в кислых средах, хлоридах, в присутствии сероводорода и морской воде. Методы, используемые для покрытий алюминием, включают распыление, плакирование, погружение в горячий расплав, диффузионные методы и электроосаждение, хотя последний процесс является сложным и трудоемким, поэтому применяется редко [1]. Наиболее распространенным методом нанесения алюминиевых покрытий является электродуговое и газопламенное распыление [2]. Помимо электролиза безводных сред также известны методы электроосаждения алюминия при температуре окружающей среды из расплавленных солей [3]. Однако, физические методы требуют дорогостоящего оборудования, работающего при температурах близких к 670°C. Современные методы получения алюминия электролизом глинозема работают при 1000 °C и выше, что предполагает высокие затраты на производство и обслуживание техники.

Электроосаждение является одним из наиболее перспективных методов, так как свойства покрытия могут быть легко модифицированы путем изменения параметров осаждения (состав электролита, плотность тока и потенциал осаждения). Кроме того, гальваническим методом можно получать покрытия алюминием при комнатной температуре. Однако, покрытия алюминия и его сплавов не могут быть получены электролитически из водных или протонных электролитов, так как процесс выделения водорода происходит при более положительных потенциалах. Для решения этой задачи возможно использование апротонных органических растворителей, которые имеют сравнительно небольшое “электрохимическое окно”, высокую токсичность и зачастую легко воспламеняются, что ограничивает их применение в процессе электроосаждения и накладывает определенные

трудности по применению. Так же, данный класс растворителей имеет сравнительно невысокие величины электропроводности.

Алюминиевые покрытия, осаждают из безводных электролитов в системах на основе а) диэтилового эфира, б) тетрагидрофурана [3, 4, 5]. Эфирные ванны впервые были представлены в 1952 г. Бренером. Впоследствии были представлены работы по улучшению данных ванн в контексте производительности, качества покрытий и уменьшения ядовитости. Тетрагидрофурановые (ТГФ) ванны, как менее воспламеняемые и нелетучие [4], модифицировались толуолом.

При проведении физико-химических исследований по выбору состава электролитов для нанесения алюминиевых покрытий нами предложен электролит, содержащий 1,2 М AlCl_3 (безводн.), 0,4 М LiAlH_4 . В качестве растворителя была взята смесь ТГФ и бензол в соотношении 1:4 соответственно. Перед приготовлением растворы были осушены. Алгоритм приготовления раствора заключался в следующем: сначала литийалюмогидрид (ЛАГ) медленно растворяли в охлаждаемом растворе ТГФ, а затем безводный AlCl_3 – в смеси ТГФ+бензол при длительном перемешивании. Полученные растворы смешивали при постоянном перемешивании во влагоизолированной емкости. Полученный раствор электролита был отдекантирован.

Электролиз проводили в изолированной герметичной электрохимической ячейке. В качестве анода использовали алюминиевый электрод, предварительно зачищенный и протравленный в растворе 50% HNO_3 , а в качестве подложки (катод) использовали малоуглеродистую сталь марки 08кп, которая была обезжирена, протравлена и высушена в сушильном шкафу. Процесс проводили в диапазоне плотностей тока от 0,5 до 10 mA/cm^2 . Напряжение варьировалось в зависимости от интенсивности перемешивания и температуры в диапазоне от 12 до 60 В.

На фотографиях представлены изображения поверхности катода, полученных с помощью электронного микроскопа. Полученные алюминиевые осадки расположены преимущественно на краях стальных образцов. По-видимому, в связи с неравномерным распределением силовых линий, локальная плотность тока на краях была значительно выше плотности тока, чем на гладкой части электрода. На фотографиях четко видно блестящие осадки на фоне стали, а также продукты коррозии стальной основы.

Таким образом, установлена принципиальная возможность получения алюминиевого покрытия при комнатной температуре из электролита $\text{AlCl}_3/\text{LiAlH}_4$ в смеси растворителей ТГФ+Бензол. Следует ожидать положительный результат получения алюминиевого покрытия при использовании ближайших производных бензола и других ап-

ротонных растворителей, таких как пропиленкарбонат, диметилсульфоксид, диметилформамид, гексаметилфосфортриамид, диоксан и др. Необходимым условием получения данного покрытия является достижение достаточной электропроводности электролита при отсутствии молекул воды в составе раствора.

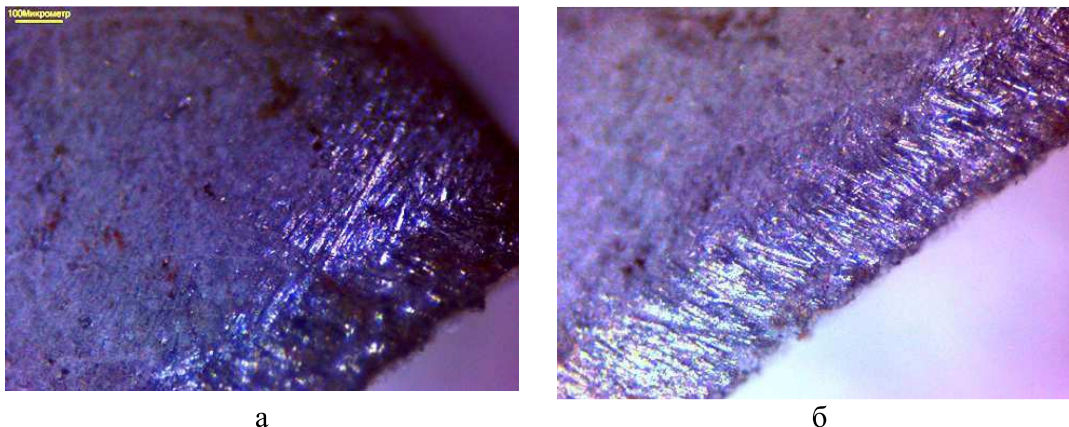


Рисунок 1 - Фотография поверхности катодных пластин при плотностях тока а) $i=7 \text{ mA/cm}^2$ б) $i=10 \text{ mA/cm}^2$

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия [металлами](#).: учеб./Н.Т.Кудрявцев – М.: [Химия](#), 1979
2. Мельников П.С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении / П.С.Мельников. М.:Машиностроение, 1979
3. Yuguang Zhao Review: Electrodeposition of aluminium from nonaqueous organic electrolytic systems and room temperature molten salts / Zhao Yuguang // *Electrochimica Acte.*– 1997.–Vol. 42, Is. I.– Pp. 3-13
4. Badawy W. A. A new bath for the electrodeposition of aluminium. III. The electrochemical behaviour of the rotating aluminium disc electrode in pure AlCl_3 (THF-toluene solutions) / W. A. Badawy // *Journal of applied electrochemistry.*– 1988.–Vol. 18.– Pp. 220-224
5. Qiang Chen Study on electrodeposition of Al on W–Cu substrate in $\text{AlCl}_3+\text{LiAlH}_4$ solutions / Chen Qiang // *Surface & Coatings Technology.*– 2011.– Vol. 205 . – Pp. 4418–4424