

том сверхполяризации. Это обусловлено отсутствием интерметаллидов в системе олово–висмут, а также тем, что Bi(III) не образует комплексы с ЭГ и ПГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Maltanova, H.M. Electrodeposition of tin coatings from ethylene glycol and propylene glycol electrolytes / H.M. Maltanova, T.N. Vorobyova, O.N. Vrublevskaya // Surf. Coat. Technology. 2014. V. 254. P. 388–397.

2. Воробьева, Т.Н., Мальтанова А.М., Врублевская О.Н. Сплавообразование при совместном электрохимическом осаждении золота и олова из этиленгликолевого и водного электролитов / Т.Н. Воробьева, А.М. Мальтанова, О.Н. Врублевская // Журн. физ. химии. 2016. Т. 90, № 5. С. 800–807.

3. Knetsch, D. Alcohols as Ligands. III. Complexes of ethylene glycol with some divalent metal halides / D. Knetsch, W.L. Groeneveld // Inorg. Chem. Acta. 1973. V. 7, № 1. P. 81–87.

УДК 621.794.61; 543.559

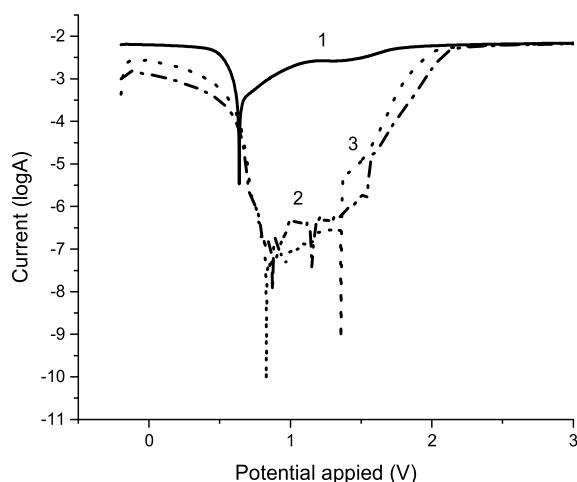
Кешин А.В. асп.; Черник А.А., канд. хим. наук, доц.;
Курило И.И., канд. хим. наук, доц.; А.И. Волков, доц. (БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АНОДНО-ОКСИДНЫХ СТРУКТУР НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Для повышения коррозионной стойкости алюминиевых сплавов, может быть использован в качестве модифицирующей добавки, внедряемый в структуру анодного покрытия, проводящий полимер на основе полианилина.

Получение модифицированных полианилином анодно-оксидных покрытий на поверхности сплава проводили в электролите состава, моль/дм³: C₆H₅NH₂ – 0,3; H₂SO₄ – 0,5. Процесс проводили в гальваностатическом режиме со стабилизацией по току, при плотности рабочего тока $i=1,25$ А/дм² и напряжении U 26,6 В. Время получения покрытия составляло 20 мин, температура процесса – 20 °С. Все электрохимические исследования проводились на потенциостат-гальваностате Autolab PGSTAT302N.

При проведении электролиза на образцах, выполненных из сплава АМЦ, образуется многослойная пористая структура, представляющая собой оксидную матрицу, поры которой заполнены преимущественно пернигранилином и полимерную пленку, покрывающую поверхность изделия, толщиной до 40 мкм.



1 – чистый алюминий; 2 – анодированный алюминий в растворе H_2SO_4 150 г/дм³;
3 – анодированный алюминий, модифицированный ПАНИ

Рисунок 1 - Анодные поляризационные кривые сплава АМЦ, полученные в 0,05М растворе NaCl

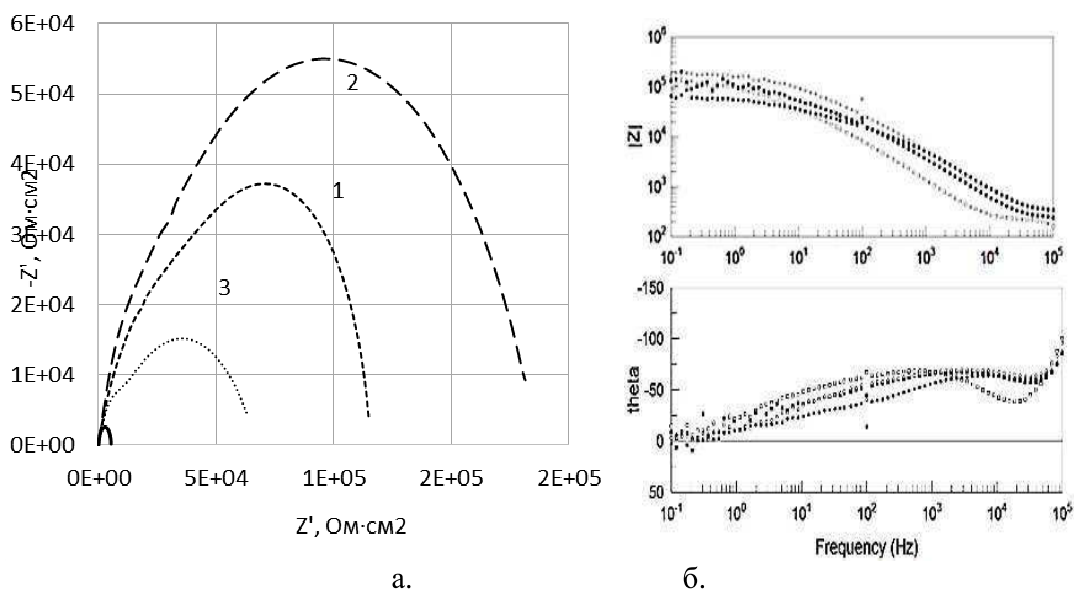
Проводя анализ поляризационных кривых, были рассчитаны скорости протекания коррозионных процессов, а также их параметры. Необработанный алюминий марки АМЦ показал ток коррозии в растворе 0,05М NaCl 0,00452 А, поляризационное сопротивление 40,982 Ома и скорость растворения металла 12,175 мм/год. Алюминий, предварительно подвергшийся анодированию в стандартном сернокислом электролите, продемонстрировал меньшую скорость коррозии - 0,022607 мм/год, ток коррозии снизился до $8,3867 \cdot 10^{-6}$ А, а поляризационное сопротивление возросло до 21242 Ом.

Внедрение полианилина, в структуру оксидного слоя, показало повышение коррозионной стойкости в сравнении со стандартным защитным-декоративным анодированием. Согласно данным, ток коррозии составил $6,6058 \cdot 10^{-6}$ А, что на 21,3 % меньше в сравнении с анодированным образцом, поляризационное сопротивление возросло незначительно, в сравнении в предыдущим опытом и составило 22235 Ом, в свою очередь скорость коррозии также уменьшилась до 0,01587 мм/год.

Для определения влияния полученного защитного покрытия, на сплаве АМЦ, было проведено коррозионное исследование продолжительностью 120 часов.

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D(x) \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \right),$$

где коэффициент диффузии D является заданной функцией реакционной координаты x . Уравнение может быть записано при помощи конечных приращений:



а. б.
 1 – 1 час; 2 – 24 часов; 3 – 120 часов
Рисунок 2 - Импедансные спектры, представленные в виде диаграмм Найквиста (а) и Боде (б)

$$\frac{\Delta^2 c}{\Delta x^2} = D_i^{-1}(x) \left(\frac{\partial c}{\partial t} \right),$$

где D_i – среднее значение $D(x)$ на отрезке Δx_i .

Для интерпретации данных, была использована эквивалентная схема, включающая в себя, сопротивление раствора, сопротивление переноса заряда ($R_{пз}$), емкостью двойного электрического слоя ($C_{дс}$), сопротивление защитной пленки ($R_{п}$) и элемент постоянной фазы ($Q_{п}$) используемый для описания неидеального поведения двойного электрического слоя.

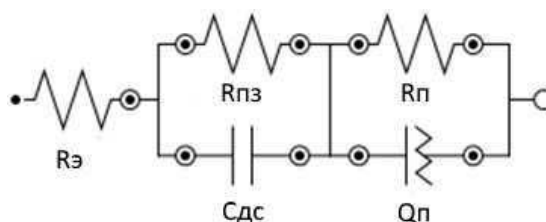


Рис. 3 – Эквивалентная схема, используемая для интерпретации импедансных спектров покрытия Al-Al₂O₃-PANi

Рассчитанные из спектров импеданса параметры эквивалентной схемы для разных времен выдерживания образцов в коррозионной среде, водного раствора 0,05М NaCl приведены в таблице 1. Из рисунка 4 видно, что значение $R_{пз}$ для модифицированного полианилином покрытия скачкообразно изменяется в пределах 20-32 кОм·см² в течении первых суток проведения коррозионного исследования.

Таблица 1 – Параметры элементов эквивалентной схемы

Время выд. ч.	$R_э$, Ом·см ²	$R_{пз}$ кОм·см ²	$R_{п}$ кОм·см ²	$C_{дс}$ μФ	$Q_{п}$ пСм см ²
1	16,3	55,5	59,1	1,12	417
24	26,9	37,3	144	2,72	301
120	56,4	23,9	36,9	2,44	610

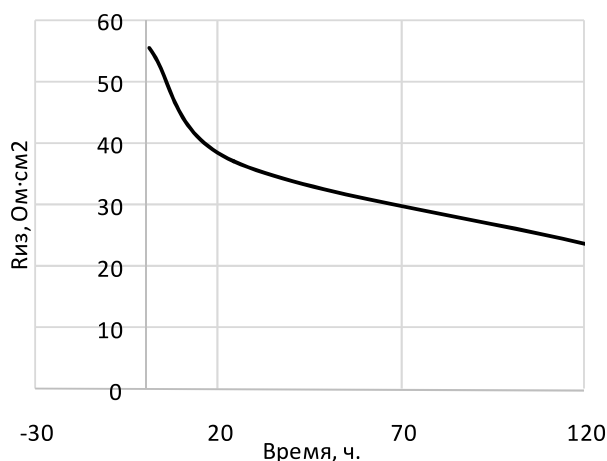


Рис. 4 – Зависимость сопротивления переноса заряда от времени тестирования образцов с полимерным покрытием

Такое резкое колебание может объясняться пробоями в порах, однако в ходе химического взаимодействия полианилина с компонентами коррозионной среды, происходит снижение скорости падения сопротивления переноса заряда за счет перехода пернигранилина в форму эмеральдина, который отличается большей, в сравнении с другими формами полимера, электрической проводимостью. В результате чего, перераспределение электрического заряда по поверхности металла, частично компенсирует протекающие в порах коррозионные процессы.

По итогам коррозионных испытаний и данным импедансной спектроскопии, можно заключить, что модифицированные полианилином защитные покрытия, обладают большими, в сравнении со стандартными оксидными покрытиями, защитными свойствами. Внедрение проводящего полимера в структуру оксидной матрицы существенно снижает скорость протекания коррозионного процесса, а полимерная пленка, покрывающая поверхность, обеспечивает механическую защиту от взаимодействия с коррозионной средой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кеше Г. Коррозия металлов. / Кеше Г. – М.: Металлургия, 1984. 400 с.,

2. Henley V.F. Anodic oxidation of aluminum and its alloys. / Henley V.F. // Pergamon Press, 1982, - 156 p
3. Mattoso L.H.C. Influence of electropolymerization conditions on the molecular weight of polyaniline / Mattoso L.H.C., Faria R.M., Bulhões L.O.S., MacDiarmid A.G. // Polymer. - 1994. - Vol. 35. - № 23. - P. 5104-5108.
4. Тарасевич М.Р. Электрохимия полимеров. / Тарасевич М.Р., Орлов С.Б., Школьников Е.И. // Москва: Наука. - 1990. -238 с.

УДК 669.017

Г. Микалаускас, Н. Вишняков, Р. Лукаускайте,
Е. Шкамат, О. Чернашей

(Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Вильнюс)

СОЕДИНЕНИЕ МИКРОКОМПОЗИТНЫХ Cu-Nb ПРОВОДНИКОВ СПОСОБОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ

Компактные магнитноимпульсные установки, которые способны генерировать рекордные магнитные поля до 100 Т, становятся все более востребованными в различных областях научных исследований и в промышленности. Импульсные системы достаточно просты в конструкции и малоэнергозатратны, поэтому доступны более широкому кругу ученых, исследователей и промышленников. Самым важным элементом таких магнитных систем является – соленоид. Наибольшее распространение получили многослойные витые соленоиды. Материалы для проводников витых соленоидов должны обладать очень большой прочностью и хорошей электропроводностью. Магнитные поля свыше 45 Т могут быть сгенерированы только в форме кратковременных импульсов, поэтому проводники должны выдерживать ударные нагрузки и нагрев. Для таких целей в настоящее время применяются 4 вида композитных проводников: Cu-Nb и Cu-Ag микрокомпозиты, GlidCop, CuSS макрокомпозиты [1]. Cu-Nb микрокомпозит в настоящее время считается наиболее подходящим среди упомянутых аналогов из-за своих уникальных качеств. Его прочность достигает до 1,5 ГПа. Данный материал перспективен не только для использования в электромагнитных установках, но и в левитационном транспорте, высоковольтных электролиниях, промышленном оборудовании индукционной сварки, термообработки и других областях. При монтаже таких систем неизбежно возникает необходимость соединения проводников между собой и к выводам