

УДК 621.794.61

Шлома О.А., Дидык А.А., Абрашов А.А., Григорян Н.С.,
Ваграмян Т.А.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Москва, Россия

ЗАЩИТА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ОТ КОРРОЗИИ КОНВЕРСИОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

В качестве замены хроматных адгезионных слоев на поверхности алюминиевых сплавов, в литературе описаны технологии обработки в растворах на основе солей редкоземельных металлов (РЗМ), в частности церия, лантана, неодима и др. Данные растворы являются экологически безопасными и достаточно эффективными ингибиторами коррозии различных цветных металлов, в частности алюминиевых сплавов [1-3].

Настоящая работа посвящена разработке технологии нанесения защитно-адгезионных РЗМ-содержащих конверсионных покрытий на поверхность алюминиевого сплава АМг6 с целью замены токсичных процессов хромирования в авиа-, судо- и автомобилестроении, и других отраслях промышленности.

В ходе данной работы были проведены экспериментальные исследования по получению РЗМ-содержащих (лантан, иттрий, неодим) покрытий на поверхности алюминиевого сплава АМг6, изучению их физико-химических свойств и возможности применения их в качестве альтернативы хроматным адгезионным слоям.

Установлено, что рабочие параметры бесхроматной пассивации составили: $\text{pH}=2-2,5$; температура $18-25^{\circ}\text{C}$; продолжительность обработки 10-15 минут. Сушка нанесенных покрытий проводилась при 80°C в течение 15 минут.

В ходе данного исследования было обнаружено положительное влияние органических добавок, которые, согласно литературным сведениям, участвуют в пленкообразовании на металлических поверхностях, при введении их в рабочие растворы. Установлено, что при введении в рабочие растворы на основе La^{3+} и Nd^{3+} галловой кислоты в количестве 1-1,5 г/л либо таннина 4-4,5 г/л способствовало возрастанию защитной способности формирующихся покрытий. В случае нанесения покрытий из Y-содержащих растворов оптимальные концентрации составили 1-1,5 и 2-2,5 г/л соответственно.

Эллипсометрические измерения показали, что толщины формируемых покрытий составляют от 99 до 136 нм (рис. 1).

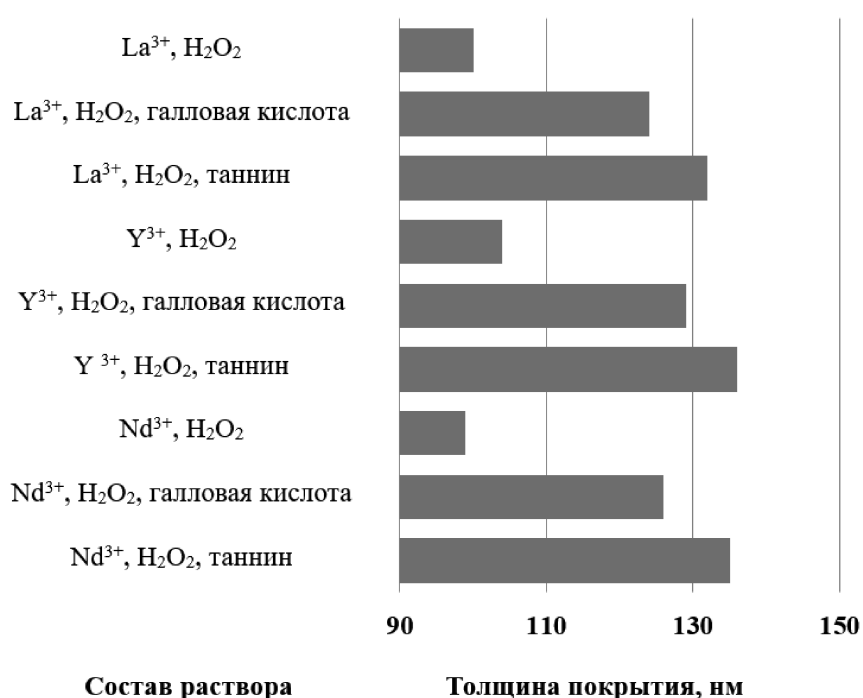


Рис. 1. Результаты эллипсометрических измерений

По диаграммам коррозии исследуемых покрытий были получены потенциалы и токи коррозии (табл. 1). Обнаружено, что покрытия, полученные из La-содержащего раствора с добавлением галловой кислоты, обладают наибольшей защитной способностью превосходящей ЗС хроматных покрытий.

Таблица 1 – Защитные характеристики исследуемых покрытий

Вид покрытия	$i_{\text{корр}}, \text{A/cm}^2$	$E_{\text{корр}}, \text{В}$
La ³⁺	$8,09 \cdot 10^{-6}$	-0,7
La ³⁺ , галлат	$2,57 \cdot 10^{-6}$	-0,67
La ³⁺ , таннат	$5,33 \cdot 10^{-6}$	-0,63
Y ³⁺	$7,51 \cdot 10^{-6}$	-0,70
Y ³⁺ , галлат	$1,47 \cdot 10^{-5}$	-0,69
Y ³⁺ , таннат	$5,03 \cdot 10^{-6}$	-0,69
Nd ³⁺	$7,30 \cdot 10^{-6}$	-0,70
Nd ³⁺ , галлат	$8,68 \cdot 10^{-6}$	-0,70
Nd ³⁺ , таннат	$8,00 \cdot 10^{-6}$	-0,69
АМг6 без покрытия	$1,40 \cdot 10^{-4}$	-0,71
Cr ⁶⁺	$4,07 \cdot 10^{-6}$	-0,69

Методом нормального отрыва (метод «грибков») была определена прочность сцепления ЛКП с поверхностью АМг6 с адгезионными РЗМ-

содержащими пленками (табл. 2). Установлено, что покрытие, сформированное из лантансодержащего раствора с добавлением галловой кислоты, обладает наибольшей прочностью сцепления (2,5 МПа).

Таблица 2 – Результаты адгезионных испытаний

Вид покрытия	Прочность сцепления, МПа
La^{3+} , H_2O_2	2,2
La^{3+} , галлат	2,5
La^{3+} , таннат	1,9
Y^{3+} , H_2O_2	1,9
Y^{3+} , галлат	1,8
Y^{3+} , таннат	1,6
Nd^{3+} , H_2O_2	1,9
Nd^{3+} , галлат	1,9
Nd^{3+} , таннат	1,8
АМг6 без покрытия	1,3
Cr^{6+}	2,0

Проведены коррозионные испытания (ASTM B117) в камере соляного тумана образцов алюминиевого сплава АМг6 с адгезионными РЗМ-содержащими покрытиями, окрашенных полиэфирной порошковой краской марки Ecocolor ПЭ RAL 9016/Р. Испытания показали, что разработанные покрытия по защитной способности удовлетворяют предъявляемым к адгезионным слоям требованиям, поскольку глубина проникновения коррозии под ЛКП от места надреза в этих случаях не превышает 2,0 мм после 750 часов испытаний.

Испытания на устойчивость к кипящей воде показали, что прочность сцепления порошковой полиэфирной ЛКП к поверхности алюминиевого сплава АМг6 недостаточна, так как количество образовавшихся на поверхности ЛКП пузырей >2 . На образцах с исследуемыми адгезионными слоями и хроматными пленками пузырей не было обнаружено, благодаря чему можно сделать вывод о хороших адгезионных свойствах РЗМ-содержащих покрытий.

Также, после испытания дополнительно была проведена оценка прочности сцепления методом поперечных насечек (ASTM D3359). Результаты показали, что у образцов с адгезионными покрытиями края насечек были полностью гладкие и ни один из квадратов сетки не отклеился (балл 0), и что адгезионные свойства не ухудшаются после испытаний в кипящей воде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abrashov A.A., Grigoryan N.S., Vagramyan T.A., Simonova M.A., Miroshnikov V.S., Arkhipushkin I.A. Surface passivation of 5556 aluminum alloy in solutions based on cerium nitrate // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2021. Vol. 10. no 1. P. 132–144.
2. Abrashov A.A., Kolesnikova A.V., Sukhorukova V.A., Grigoryan N.S., Asnis N.A., Grafov O.Yu., Vagramyan T.A. Anticorrosive passivating conversion coatings containing rare-earth metals for galvanized surfaces // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2025. Vol. 14. no. 1. P. 179–193.
3. Zheludkova E.A., Abrashov A.A., Sukhorukova V.A., Grigoryan N.S., Sundukova A.V., Grafov O.Yu., Vagramyan T.A. Passivation of galvanized steel in a solution based on cerium and lanthanum compounds // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2024. Vol. 13. no. 2. P. 775–789.