

использоваться при разработке состава новых проводниковых сплавов на основе алюминия для нужд электротехники и кабельной техники.

Список использованных источников

1. Мальцев М.В. Модифицирование структуры металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1984. 282 с.
2. Куцова В.З., Погребна Н.Є. Хохлова Т.С. Алюміній та сплави на його основі. навч. Посібник. Д.: Пороги, 2004. 135 с.
3. Ганиев И.Н. Коррозионно-электрохимическое поведение особочистого алюминия и его сплава АК1, легированного скандием. // Журнал прикладной химии. 2004. Т. 77. № 6. С. 939-943.
4. Ганиев И.Н., Файзуллоев Р.Дж., Зокиров Ф.Ш. Влияние кальция на анодное поведение алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 в среде электролита NaCl. // Известия СПбГТИ(ТУ). 2021. №58(84). С. 33–37. DOI: 10.36807/1998-9849-2021-58-84-33-37.
5. Зокиров Ф.Ш., Ганиев И.Н., Бердиев А.Э., Сангов М.М. Влияние стронция на анодное поведение сплава АК12М2. // Доклады АН Республики Таджикистан. 2019. Т.62. №1-2. С. 93-98.

УДК 621.785

А.С. Калиниченко¹, В.Г. Лугин¹, В.С. Нисс², А.Ю. Королев³

¹Белорусский государственный технологический университет

²Белорусский национальный технический университет

³Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

Минск, Беларусь

ФОРМИРОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ НА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ

***Аннотация.** В работе приводятся данные по формированию модифицированных покрытий на некоторых деформируемых алюминиевых сплавах. Показано, что толщина и качество покрытий зависят, в первую очередь, от состава электролита. Исходный химический состав алюминиевого сплава оказывает незначительное на химический состав покрытия.*

A.S. Kalinichenko¹, V.L. Luhin¹, V.S. Niss², A.Yu. Korolyev³

¹Belarusian State Technological University

²Belarusian National Technical University

³Scientific and Technological Park of BNTU “Polytechnic”
Minsk, Belarus

FORMATION OF A MODIFIED COATINGS ON ALUMINUM ALLOYS

***Abstract.** The paper provides data on the formation of modified coatings on some deformable aluminum alloys. It is shown that the thickness and quality of the coatings depend primarily on the composition of the electrolyte. The initial chemical composition of the aluminum alloy has little effect on the chemical composition of the coating.*

Повышение эксплуатационных свойств рабочей поверхности деталей является важной задачей машиностроения [1-5]. Особенно это касается деталей, изготовленных из цветных сплавов, которые, в своем большинстве, характеризуются низкими триботехническими свойствами. Среди многообразия цветных сплавов важный практический интерес представляют алюминиевые сплавы, широко применяемые в автомобильной, авиационной и других областях.

Существует значительное количество способов повышения прочностных свойств, в частности, алюминиевых сплавов. Они имеют свои преимущества и ограничения. Одним из методов повышения поверхностных свойств алюминиевых сплавов является электролитно-плазменная обработка, позволяющая создать, как и микродуговое оксидирование, прочное покрытие с высокой твердостью. В отличие от микродугового оксидирования, когда на поверхности формируется слой из оксида алюминия, при электролитно-плазменной обработке можно формировать модифицированное покрытие.

В работе изучались образцы из деформируемых алюминиевых сплавов марок Д16Т, АМг2 и АД1. Для анализа влияния состава электролита на характер и состав покрытия опыты велись с использованием раствора ферроцианида калия (электролит 1) и вольфрамата натрия (электролит 2).

На рис. 1 приведены топографии поверхности покрытия после обработки в электролите 1.

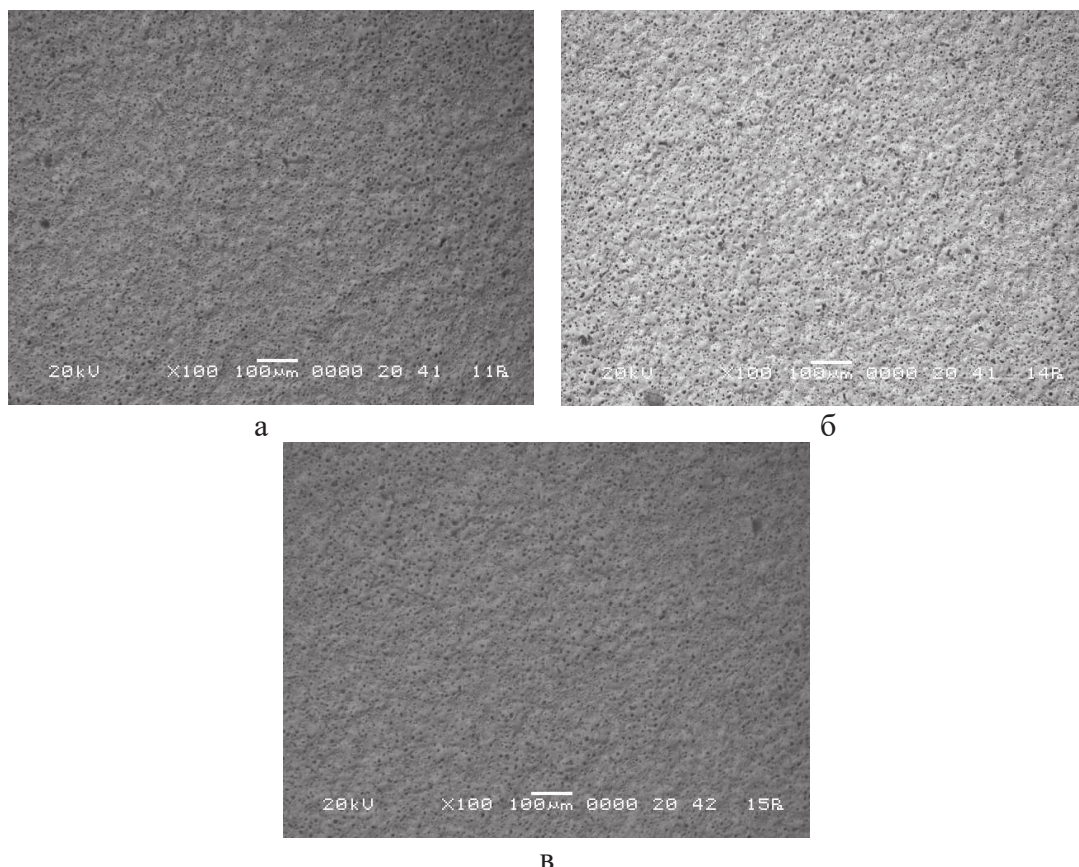


Рис. 1 - Фотографии СЭМ поверхности образцов, полученных при обработке в электролите 1: а – сплав Д16Т, б – сплав АМг2, в – сплав АД1.

Анализ рисунков показывает, что поверхности всех образцов характеризуются наличием пористости. Причем, размер пор зависит от химсостава образцов. Так, если для образцов из сплава АД1 средний размер пор не превышал 3 мкм, для сплава Д16Т – 6 мкм, то для сплава АМг2 – 10 мкм. Последнее значение можно объяснить наличием магния в составе сплава. Кроме того, покрытие на образце из сплава Д16Т характеризуется более неравномерной толщиной по сравнению с другими образцами.

Фазовый состав покрытий незначительно зависит от химического состава материала образцов (рис. 2). Химический анализ покрытий свидетельствует о том, что его состав определяется алюминием, железом и кремнием, как наиболее активными элементами.

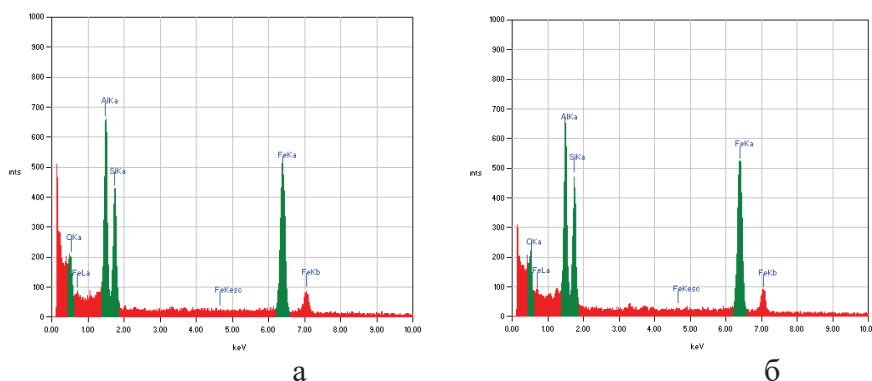


Рис. 2 - Спектры образцов из Д16Т (а) и АМг2 (б).

Это же подтверждается и химическим составом покрытий (таблица 1). Кислород присутствует в значительном количестве в покрытии, но он весь находится в связанном виде (окислы алюминия, железа, кремния).

Таблица 1 - Химический состав покрытия на образце из сплава АМг2

Element	(keV)	mass%	Error%	At%	Compound	mass%
O	0.000	41.27	0.00	0.00		0.00
Al K	1.486	21.26	0.30	30.16	Al ₂ O ₃	40.16
Si K	1.739	13.63	0.39	37.16	SiO ₂	29.17
Fe K	6.398	23.84	0.26	32.68	FeO	30.67
Total		100.00		100.00		100.00

Характер покрытий значительно меняется при обработке в электролите 2. Покрытие, формируемое на образце, более равномерное по толщине и существенно уменьшается средний размер пор (рис. 3). Однако, отдельные поры размером 5-10 мкм все еще присутствуют в покрытии. Более высокая пористость и больший размер пор по-прежнему характерны для образцов из сплава АМг2.

Фазовый состав покрытий, сформированных при обработке в электролите 2, меняется очень существенно (рис. 4) по сравнению с обработкой в электролите 1, но незначительно изменяется от химического состава образца, как и для электролита 1.

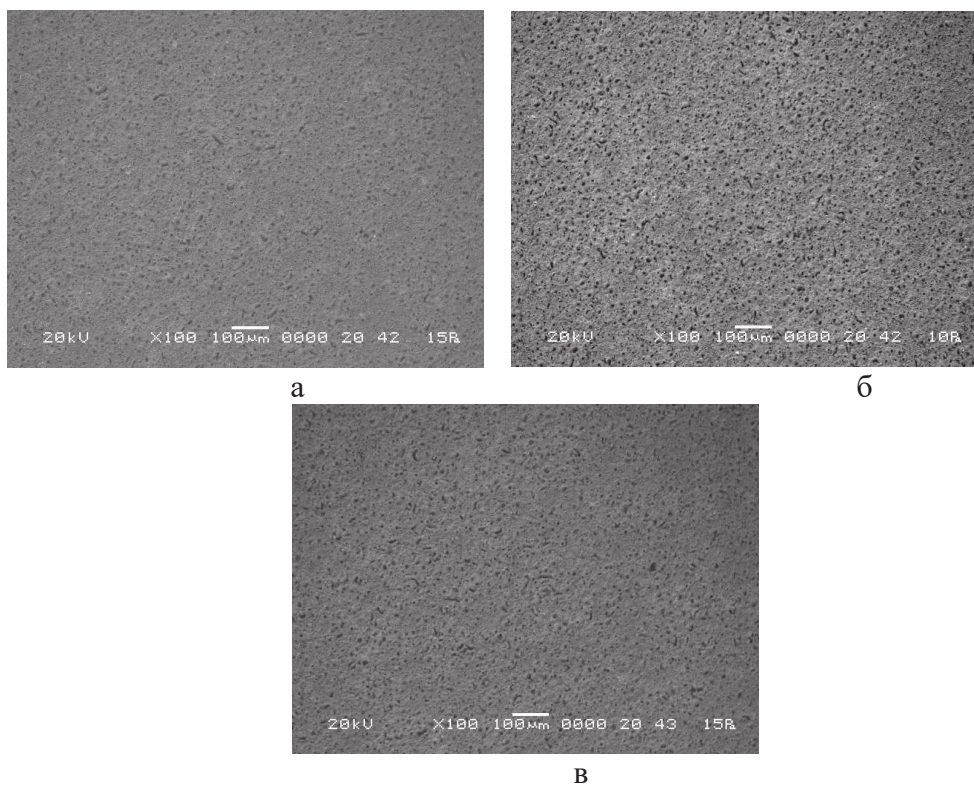


Рис. 3 - Фотографии СЭМ поверхности образцов, полученных при обработке в электролите 2: а – сплав Д16Т, б – сплав АМг2, в – сплав АД1.

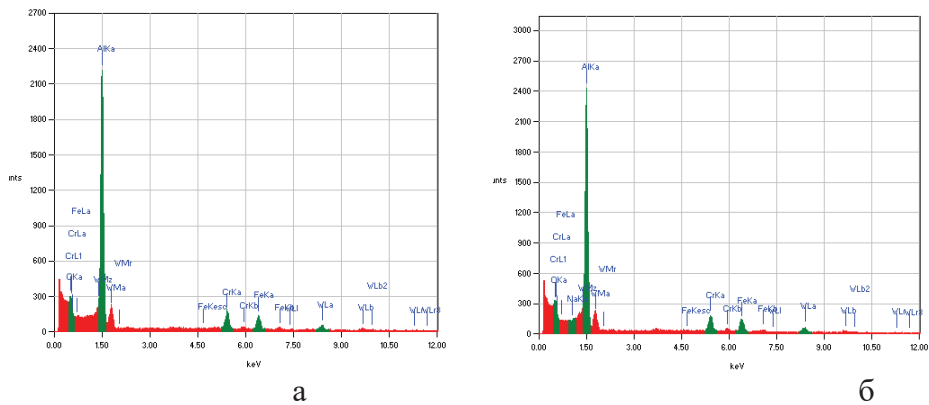


Рис. 4- Спектры поверхности образцов из Д16Т (а) и АМг2 (б) после обработки в электролите 2.

Таблица 2 - Химический состав покрытия на образце из Д16Т (электролит 2)

Element	(keV)	mass%	Error%	At%	Compound	mass%
O	0.000	42.47	0.00	0.00		0.00
Na K *	1.041	1.06	0.43	2.44	Na ₂ O	1.43
Al K	1.486	42.21	0.24	82.72	Al ₂ O ₃	79.75
Cr K	5.411	3.67	0.27	3.73	Cr ₂ O ₃	5.36
Fe K	6.398	3.80	0.28	7.19	FeO	4.89
W L	8.390	6.80	1.64	3.91	WO ₃	8.58
Total		100.00		100.00		100.00

Анализ химического состава покрытия, полученного при обработке в электролите 2 (таблица 2), показывает рост содержания окиси алюминия почти в 2 раза. Отсутствует в покрытии окись кремния, но зато присутствуют окиси натрия, хрома и вольфрама. Относительное содержание окиси железа снизилось более, чем в 6 раз. Содержание кислорода в покрытиях (в виде окисей), сформированных при обработке в разных электролитах практически не изменилось.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность формирования модифицированного покрытия на деформируемых алюминиевых сплавах. Установлено, что состав электролита оказывает определяющее влияние на химический и фазовый состав покрытия, а также равномерность и качество покрытия. Химический состав исследованных образцов незначительно влияет на фазовый и химический состав покрытия. Его влияние более заметно на качество покрытия и его равномерность.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках задания 3.2.9 ГПНИ «Материаловедение, новые материалы и технологии» подпрограмма «Электромагнитные, пучково-плазменные и литейно-деформационные технологии обработки и создания материалов».

Список использованных источников

1. Куликов И. С., Ващенко С.В., Каменев А.Я. Электролитно-плазменная обработка материалов. – М.: Беларус. навука, 2010. – 232 с.
2. Погребняк А. Д., Тюрин Ю. Н., Бойко А. Г., Жадкевич М. Л., Калышканов М. К., Рузимов Ш. М. Электролитно-плазменная обработка и нанесение покрытий на металлы и сплавы // Успехи физического металловедения / Usp. Fiz. Met. – 2005. – Т. 6. – С. 273–344.
3. De Wit H.J., Wejenberg C., Crevecoer C. The Electric breakdown of anodic aluminium oxide/ H.J. De Wit, C. Wejenberg, C. Crevecoer // Journal of The Electrochemical Society. 1976. Y. 123. № 10. P. 1479-1486.
4. Марков, Г.А. Электрохимическое окисление алюминия при катодной поляризации/ Г.А. Марков, О.П. Терлеева, Шулепко // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук. 1983. Вып. 3. № 7. С. 31-34.
5. Yerokhin, A.L. Plasma electrolytic fabrication of oxide ceramic surface layers on aluminium alloys/ A.L. Yerokhin, A.A.Voevodin, V.V. Luybimov// Surface and Coating Technology. 1998. V. 110. № 3. P. 140-146.