

УДК 539.216.2:544.653.23

ФОРМИРОВАНИЕ КОРРОЗИОННО-СТОЙКИХ АНОДНО-ОКСИДНЫХ
ПОКРЫТИЙ НА ЛИТЕЙНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ

Д. К. ГОРЕЛОВ

Научный руководитель А. Н. КОКАТЕВ, канд. техн. наук, доц.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск, Россия

Литейные алюминиевые сплавы широко применяются в серийном производстве для изготовления изделий разных форм, размеров и сложности. Однако долговечность и область применения таких изделий ограничена их низкой коррозионной стойкостью [1].

Для повышения коррозионной стойкости изделий из алюминиевых сплавов часто используют метод электрохимического анодирования, который позволяет сформировать на поверхности алюминия анодно-оксидное покрытие (АОП) с отличными защитными свойствами. По завершению анодирования проводят процедуру уплотнения АОП, направленную на заполнение (запечатывание) пор в оксидном слое, что значительно повышает коррозионную стойкость, износостойкость и улучшает декоративные свойства покрытия [2].

Цель работы заключалась в разработке технологии получения коррозионно-стойких покрытий на литейном алюминиевом сплаве АК9ч.

Объектами исследования являлись образцы алюминиевого литейного сплава АК9ч (13 % Si). Анодирование проводилось в 5 % и 15 % H_2SO_4 при постоянной плотности тока $j_a = 20 \dots 50 \text{ мА/см}^2$, температуре электролита $2 \text{ }^\circ\text{C} \dots 24 \text{ }^\circ\text{C}$, 40...80 мин. Наполнение пор проводилось в дистиллированной воде при $95 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 30 мин, а также в водных растворах 0,2 % $\text{C}_4\text{H}_{14}\text{NiO}_8$ и 0,6 % LiOH при $T = T_{\text{комн}}$ в течение 2 мин.

Морфология поверхности образцов исследовалась методами атомно-силовой (АСМ) и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Коррозионная стойкость образцов оценивалась путем изучения поверхности образцов до и после выдержки в испытательном растворе 10 % $\text{NaCl} + 1\text{N } \text{CuSO}_4$, 30 мин.

Изучение морфологии поверхности образцов методом АСМ показало, что при анодировании в гальваностатическом режиме в водных растворах серной кислоты на поверхности литейного сплава АК9ч формируется АОП с открытыми неупорядоченными порами со средним диаметром $(15 \pm 5) \text{ нм}$.

При анализе поверхности образцов АК9ч методом СЭМ было установлено, что изменение параметров анодирования не влияет на микроструктуру поверхности АОП (рис. 1). На поверхности оксидного покрытия наблюдается ряд дефектов, таких как микротрещины шириной от 1,1 до 2,6 мкм и включения частиц кремния $D_{\text{част. Si}} = (13 \pm 4) \text{ мкм}$. Проведение дополнительных исследований показало, что анодирование образцов АК9ч при плотности тока 50 мА/см^2 и температуре электролита $0 \text{ }^\circ\text{C} \dots 2 \text{ }^\circ\text{C}$ приводит к формированию АОП толщиной 30 мкм и уменьшению размеров частиц кремния до $D_{\text{част. Si}} = (3,5 \pm 0,5) \text{ мкм}$ на поверхности оксида.

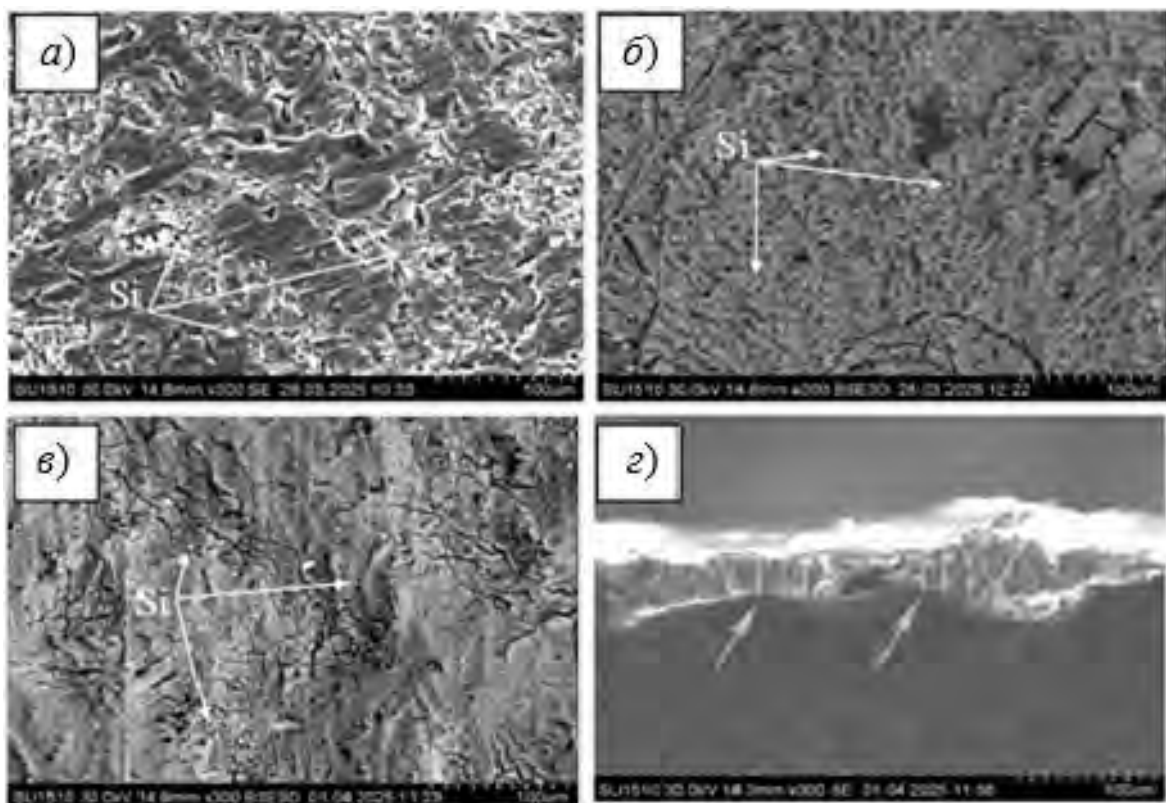


Рис. 1. СЭМ-изображения поверхности (а–в) сплава АК9ч до (а) и после (б, в) анодирования в 5 % H_2SO_4 при $j_a = 20 \text{ mA/cm}^2$, $T = 20 \text{ }^\circ\text{C} \dots 22 \text{ }^\circ\text{C}$, 40 мин (б) и при $j_a = 50 \text{ mA/cm}^2$, $T = 0 \text{ }^\circ\text{C} \dots 2 \text{ }^\circ\text{C}$, 40 мин (в). СЭМ-изображение слома (г) АОП на сплаве АК9ч, сформированной в 5 % H_2SO_4 при $j_a = 50 \text{ mA/cm}^2$, $T = 0 \text{ }^\circ\text{C} \dots 2 \text{ }^\circ\text{C}$, 40 мин

Изучение коррозионной стойкости анодированных образцов позволило установить, что наибольшей коррозионной стойкостью (коэффициент коррозии 0,2 %) обладают АОП, полученные в 5 % H_2SO_4 при 20 mA/cm^2 и $T = 0 \text{ }^\circ\text{C} \dots 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Последующее наполнение пор АОП путем выдержки образцов в дистиллированной воде при $T = 95 \text{ }^\circ\text{C}$ не приводит к улучшению коррозионных свойств покрытий, однако использование специальных низкотемпературных методик наполнения пор с применением водных растворов $\text{C}_4\text{H}_{14}\text{NiO}_8$ или LiOH позволяет уменьшить коэффициент коррозии до 0,07 %.

Таким образом, были разработаны технологии получения на литейном сплаве АК9ч анодно-оксидных покрытий с коррозионной стойкостью, соответствующей ГОСТ 9.031–74.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Konieczny, J.** Structure and functional properties of surface layer produced on cast aluminium light alloys by appliance of anodization / J. Konieczny, K. Labisz, A. J. Dolata // Solid State Phenomena. – 2014. – Vol. 229. – P. 51–56.
2. Исследование защитно-декоративных нанокompозитных анодных покрытий черного цвета на алюминиевом сплаве АМг5 / Н. М. Яковлева, А. Н. Кокатев, К. И. Оськин [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2023. – Т. 89, № 7. – С. 34–44.