

УДК 621.785.5

ИОННО-ПЛАЗМЕННОЕ АЗОТИРОВАНИЕ  
АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА В95А. А. ПРЕДКО, И. Г. ОЛЕШУК, А. Н. МОИСЕЕНКО,  
И. Л. ПОБОЛЬ, Н. А. КАНАНОВИЧФизико-технический институт НАН Беларуси  
Минск, Беларусь

Алюминиевый деформируемый сплав В95 – это один из самых востребованных, универсальных материалов системы «алюминий – цинк – магний – медь». Благодаря высокому качеству, прочности и эксплуатационным характеристикам материал используют для создания высоконагруженных конструкций, ракетной техники и самолётов. Улучшение эксплуатационных свойств сплава В95 позволит расширить сферу его применения и продлить срок службы изделий.

Перспективным методом повышения твёрдости материала поверхностного слоя, износостойкости и коррозионных свойств алюминиевых сплавов является ионно-плазменное азотирование (ИПА). В [1] получены данные о глубине проникновения ионов азота в сплав  $AlMg_4.5Mn$  (аналог сплава АМг4,5) методом ИПА. Диффузионный слой толщиной 15 мкм был получен за 6 ч обработки при температуре 500 °С. Выявлено негативное влияние кислорода на толщину слоя. Присутствие даже в незначительных количествах кислорода может препятствовать образованию диффузионного слоя в целом.

В [2] после обработки в плазме тлеющего разряда твердость поверхностного слоя алюминия А7 возросла до HV 1173, что в 4,3 раза превышает твердость основы. В [3] приводятся данные о структуре и толщине диффузионного слоя при обработке сплава А999 методом ИПА. Глубина азотированного слоя составляла от 125 до 300 нм.

Целью работы являлся выбор технологических параметров процесса ИПА образцов из сплава В95, изучение структуры, твердости, фазового состава и коррозионных свойств упрочненных слоев.

Для проведения исследований использовали образцы из сплава В95 диаметром 25 мм и толщиной 6 мм. Состав сплава В95 по ГОСТ 4784–97 масс. %: 1,8...2,8 Mg; 0,2...0,6 Mn; 0,1...0,25 Cr; 1,4...2,0 Cu; до 0,5 Fe; до 0,5 Si; до 0,05 Ti. Шероховатость поверхности образцов доводилась до значений в пределах  $R_a = 0,08...0,1$  мкм.

ИПА проводили на оборудовании, изготовленном в ФТИ НАН Беларуси с учетом возможности максимально возможного предварительного удаления оксидированного слоя с поверхности обрабатываемых образцов очисткой ионами азота или водорода и аргона. Все параметры процесса контролировали в процессе обработки (рис. 1). Температура процесса азотирования составляла 450 °С и 500 °С, время выдержки – 12 ч в газовой среде азота, водорода и аргона.

Исследование слоев на образцах после ИПА методом оптической электронной спектроскопии с помощью прибора GDOES Profiler 2 подтвердило наличие

азотированного слоя глубиной до 1,2 мкм. По данным микрорентгеноспектрального анализа, содержание азота на поверхности достигало 4,28 масс. %.

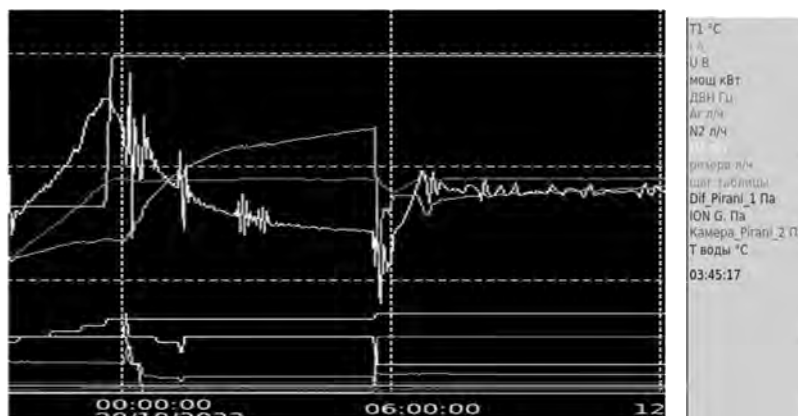


Рис. 1. Графическое изображение параметров процесса ИПА

Микротвердость образца до ионно-плазменной обработки составляла  $HV_{0,1} 81$ . После ИПА микротвердость поверхностного слоя возросла до  $HV_{0,1} 113$ , а сердцевины снизилась до  $HV_{0,1} 70$ , что может быть связано с разупрочнением в процессе выдержки при температуре азотирования.

Изучение морфологии поверхности образца из сплава В95 на растровом электронном микроскопе показало, что после ИПА упрочненный слой имеет ячеистую структуру.

Рентгенофазовый анализ образцов из сплава В95 на дифрактометре ДРОН 3.0 после ИПА выявил наличие Al и нитрида алюминия AlN (от плоскостей 111, 200 и 002). Кроме того, на дифракционной картине регистрируются линии низкой интенсивности  $MgZn_2$ , что может быть связано с малой толщиной упрочненного слоя.

Испытания на коррозионную стойкость проводили на потенциостате-гальваностате AUTOLAB электрохимическим методом поляризационных кривых в стандартной трехэлектродной ячейке в 3-процентном растворе NaCl при комнатной температуре и без конвекции. Скорость коррозии образца из сплава В95 до ионно-плазменной обработки составила 3,383 мм/год. После ИПА скорость коррозии составила 1,446 мм/год, что свидетельствует о повышении коррозионных свойств в 2 раза по сравнению с исходным материалом.

*Авторы выражают благодарность БРФФИ за финансовую поддержку, грант № T22M-090.*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nitriding of stainless steel and aluminum alloys by plasma immersion ion implantation / E. Richter [et al.] // Surface and Coatings Technology. – 2000. – Vol. 128. – P. 21–27.
2. Азотирование поверхности технически чистого алюминия в плазме несамостоятельного тлеющего разряда с полым катодом / О. В. Крысина [и др.] // Взаимодействие излучений с твердым телом: сб. ст. – Минск, 2017. – С. 250–252.
3. **Sonnleitner, R.** Microstructure of plasma nitrided layers on aluminium / R. Sonnleitner, K. Spiradek-Hahn, F. Rossi // Surface and Coatings Technology. – 2002. – № 156. – P. 149–154.