УДК 621.785:669.14.08

DOI: 10.17223/00213411/62/11/137

Ю.Ф. ИВАНОВ¹, И.В. ЛОПАТИН¹, Е.А. ПЕТРИКОВА¹, М.Е. РЫГИНА^{1,2}, О.С. ТОЛКАЧЕВ^{1,2}, В.И. ШИМАНСКИЙ³

МНОГОЦИКЛОВОЕ ЭЛЕКТРОННО-ИОННО-ПЛАЗМЕННОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ СИЛУМИНА: СТРУКТУРА, СВОЙСТВА *

Сделан анализ результатов и выявлены закономерности модифицирования поверхностного слоя силумина методами многоциклового комбинированной обработки, совмещающей в одном цикле формирование системы «пленка (металл)/(силумин) подложка» и последующее облучение поверхности интенсивным импульсным электронным пучком субмиллисекундной длительности. Обработку силумина проводили на установке «КОМ-ПЛЕКС», разработанной и созданной в ИСЭ СО РАН (г. Томск). В качестве легирующего элемента был выбран титан. Толщина напыляемой пленки титана в каждом цикле обработки 0.5 мкм. Количество циклов легирования 1, 5 и 10. Процесс поверхностного легирования заключался в последовательной реализации ионной очистки и нагрева в аргоновой плазме несамостоятельного дугового разряда с накаливаемым и полым катодом с подачей отрицательного смещения на образец (начальный нагрев образцов до заданной температуры, очистка и активация обрабатываемой поверхности); плазмо-ассистированного электродугового нанесения металлической (при использовании аргоновой плазмы) пленки; электронно-пучковой обработки системы «пленка (титан) / (силумин) подложка» с использованием низкоэнергетичного интенсивного импульсного электронного пучка микросекундной длительности. Установлено, что многоцикловое легирование силумина марки АК12 титаном приводит к растворению в поверхностном слое толщиной до 30 мкм включений кремния и интерметаллидов, формированию субмикро- и нанокристаллической многофазной структуры, характеризующейся высокими значениями микротвердости и износостойкости, превосходящими соответствующие характеристики литого силумина в 1.4 и 14.2 раза.

Ключевые слова: силумин, плазма, интенсивный импульсный электронный пучок, система «пленка/подложка», многоцикловая обработка, поверхностный сплав, структура, свойства.

Введение

Силумины, сплавы алюминий-кремний, в настоящее время являются одними из наиболее востребованных материалов на основе алюминия. Из них изготавливают посуду, детали автомобилей и мотоциклов, речного и морского транспорта, самолетов, корпуса для огнестрельного оружия и многое другое. К основным преимуществам, которыми характеризуются данные сплавы, относятся высокая удельная прочность, малый вес, высокая износостойкость и коррозионная стойкость, низкая стоимость. Придание дополнительных свойств силумина осуществляется его модифицированием. Одним из перспективных методов поверхностного модифицирования металлов и сплавов, керамических и металлокерамических материалов является облучение концентрированными потоками энергии (мощные ионные пучки, потоки плазмы, лучи лазера, импульсные и непрерывные электронные пучки и т.д.) [1–4].

Целью настоящей работы является анализ результатов и выявление закономерностей модифицирования поверхностного слоя силумина методами многоциклового комбинированной обработки, совмещающей в одном цикле формирование системы «пленка (металл)/(силумин) подложка» и последующее облучение поверхности интенсивным импульсным электронным пучком микросекундной длительности.

Материал и методики исследования

В качестве материала исследования был использован силумин эвтектического состава марки АК12 (Al, 10–13 % Si, до 1.5 % Fe, до 0.5 % Mn, до 0.1 % Ti, до 0.6 % Cu, до 0.1 % Zr, до 0.1 % Mg, до 0.3 % Zn) в литом состоянии [5]. Легирование поверхностного слоя силумина титаном осуществляли путем плавления системы «пленка (Ti)/(АК12) подложка» интенсивным импульсным электронным пучком. Толщина пленки титана в каждом цикле «напыление/облучение» составляла 0.5 мкм; количество циклов 1, 5 и 10. Облучение системы «пленка/подложка» осуществляли интенсивным импульсным электронным пучком при следующих параметрах пучка электронов:

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 19-52-04009).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>