

УДК 533.9:539.4.015.2

DOI: 10.17223/00213411/62/7/59

Н.Н. КОВАЛЬ, Ю.Ф. ИВАНОВ

КОМПЛЕКСНАЯ ЭЛЕКТРОННО-ИОННО-ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЯ В ЕДИНОМ ВАКУУМНОМ ЦИКЛЕ *

Рассмотрен принцип действия и представлены основные характеристики установки лабораторного типа, предназначенной для электронно-ионно-плазменной модификации поверхности материалов и изделий в едином вакуумном цикле. На примере системы Al–Ti продемонстрирована возможность многократного повышения механических (микротвердость) и трибологических (износостойкость и коэффициент трения) свойств поверхностного слоя материала в результате реализации в едином вакуумном цикле комплексной обработки, сочетающей формирование легированного титаном поверхностного слоя технически чистого алюминия марки А7 по схеме напыление – облучение (количество циклов от 1 до 20; толщина пленки металла в одном цикле 0.5 и 1 мкм) и последующее электронно-ионное азотирование (540 °С, 8 ч) поверхностного сплава, осуществляемое в плазме самостоятельного дугового разряда за счет как ионной, так и электронной компонент плазмы.

Ключевые слова: комплексная обработка в едином вакуумном цикле, система «пленка/подложка», азотирование, поверхностное легирование, формирование твердых покрытий, импульсное плавление, структура, свойства.

Введение

В настоящее время технологии, основанные на использовании концентрированных потоков энергии (лазерное излучение [1], высокоинтенсивные электронные [2, 3] и мощные ионные [4] пучки, плазменные потоки и струи [5]), являются одними из наиболее эффективных инструментов для поверхностного модифицирования, что обусловлено не только привлекательными возможностями этих методов (экономичность, экологическая чистота, локальность обработки и т.д.), но и достигнутым уровнем развития оборудования для их реализации. Особенно это относится к комплексным процессам, сочетающим воздействия на поверхность плазменных потоков, ускоренных электронных и ионных пучков [5]. Комплексные электронно-ионно-плазменные методы модификации поверхности предоставляют возможность создавать наноструктурированные многофазные слои, обладающие уникальными свойствами, что позволяет отнести эти разработки к бурно развивающейся области наноматериалов и нанотехнологий.

Реализованные к настоящему времени методы комплексной электронно-ионно-плазменной обработки заключаются в последовательной модификации структуры и свойств поверхностного слоя металлов и сплавов с использованием совокупности некоторого числа специализированных установок [6–8]. Недостатки данного подхода очевидны: дороговизна обслуживания серии отдельных установок, каждая из которых имеет дублирующие блоки (вакуумная система, рабочая камера, блоки питания и управления), относительно большая длительность цикла вакуумирования – развакуумирования, нагрева и охлаждения деталей, нарушение чистоты обрабатываемой поверхности (загрязнение модифицированной поверхности атмосферными газами и т.п. при перемещении образцов от одной установки к другой). Следующим очевидным шагом в разработке собственно комплексной электронно-ионно-плазменной технологии является совмещение в едином вакуумном цикле составляющих ее процессов: 1) формирование градиентного многофазного поверхностного слоя путем газозахвата насыщения поверхности материала элементами внедрения (азот, углерод, кислород, бор и т.д.); 2) синтез тонких металлических пленок или сверхтвердых наноструктурированных покрытий на основе нитридов (карбидов, боридов и т.д.) тугоплавких металлов (TiCuN, ZrMoN, TiSiN и т.д.) ионно-плазменными методами; 3) формирование поверхностных сплавов при миксинге системы пленка – подложка с прогнозируемыми функциональными свойствами или сплавление в подложку твердых и сверхтвердых покрытий интенсивным импульсным электронным пучком с целью увеличения сил адгезии системы «покрытие/подложка» и дополнительного улучшения свойств модифицированного слоя за счет эффектов высокоскоростной закалки из расплавленного состояния.

Целью работы является анализ результатов, полученных при фундаментальных исследованиях закономерностей и механизмов формирования наноразмерных многофазных состояний в поверхност-

* Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 19-19-00183).

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>