

УДК 537.533.9; 621.793.09; 539.25

DOI: 10.17223/00213411/62/7/39

О.В. КРЫСИНА, А.Д. ТЕРЕСОВ, П.В. МОСКВИН, Н.Н. КОВАЛЬ, Ю.Ф. ИВАНОВ, Ю.Х. АХМАДЕЕВ, И.В. ЛОПАТИН

ИЗМЕНЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ МАТЕРИАЛА ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКЕ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННОГО СЛОЯ*

Проведены измерения локальной температуры на поверхности системы керамическое покрытие – алюминиевая подложка при ее обработке импульсным электронным пучковым субмиллисекундной длительности. Варьируемыми параметрами выступали плотность энергии пучка, длительность импульса, толщина TiCuN-покрытия. Выявлены температурные зависимости, максимальные значения температуры, достигаемые во время импульса, скорости нагрева и охлаждения поверхности. Установлены оптимальные режимы для электронно-пучковой обработки системы TiCuN-покрытие – А7-подложка.

Ключевые слова: импульсный электронный пучок, электронно-пучковая обработка, вакуумно-дуговое осаждение, TiCuN-покрытие, алюминиевая подложка, система покрытие – подложка, измерение температуры, свойства.

Введение

Область применения алюминия ограничена из-за его невысокой твердости и износостойкости. Однако он имеет низкую стоимость, легко поддается формовке, литью и механической обработке. Для увеличения физико-механических и эксплуатационных характеристик алюминия можно использовать методы поверхностной модификации, такие, как активированная дуговая металлизация [1], электровзрывное легирование [2], плазменно-электролитическая обработка и электролитическое оксидирование [3], нанесение ионно-плазменных покрытий [4], комбинированная электронно-ионно-плазменная обработка [5].

Нанесение покрытий TiCuN [6] является перспективным для подложек из сталей и твердых сплавов, так как они обладают свехтвердостью (≥ 40 ГПа), высокой износостойкостью ($< 3000 \text{ мкм}^3 \cdot \text{Н}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$), низким коэффициентом трения (0.2), повышенной степенью упругого восстановления, высокой адгезионной прочностью к металлической и твердосплавной подложке (> 30 Н), хорошей термической стабильностью (до 1100°C) и увеличенной стойкостью к окислению (до 800°C) [6–8]. Благодаря формированию нанокристаллической структуры, где рост кристаллитов TiN ограничивается аморфной прослойкой меди, покрытие обладает набором перечисленных полезных характеристик. Однако для алюминиевых подложек процесс формирования твердых нитридных покрытий мало изучен и требует дополнительных исследований, в том числе и как этап комбинированной электронно-ионно-плазменной обработки.

В настоящее время комбинированные методы модификации поверхности материалов расширяют свой круг применений за счет уникальной возможности получения широкого спектра свойств, состава и структуры поверхностного слоя материала [9–11]. Одним из перспективных комбинированных методов, вызывающих интерес у научных исследователей, является нанесение покрытия с последующей электронно-пучковой обработкой системы покрытие – подложка [11–13]. Стоит отметить, что таким методом в зависимости от вкладываемой плотности энергии, состава наносимого покрытия и используемой подложки можно получать либо поверхностные сплавы разного состава толщиной $\sim 0.1\text{--}100$ мкм [12–14], либо вплавлять однослойные твердые покрытия в более легкоплавкие подложки для получения высокоадгезионных слоев с повышенными свойствами [15, 16], либо формировать относительно толстые покрытия (≥ 6 мкм) со стабильной структурой в многоцикловых режимах напыление – облущение.

Для всех процессов электронно-пучковой модификации системы «покрытие/подложка» основным критерием при формировании структуры модифицируемого слоя является температура материала в зоне воздействия электронного пучка и скорость ее изменения, скорость нагрева и охлаждения материала. На температурные характеристики влияет, прежде всего, энергия электро-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-42-703010-р_мол_а.

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>