

УДК 537.525, 621.785.5

DOI: 10.17223/00213411/64/1/125

*В.В. ДЕНИСОВ¹, Ю.А. ДЕНИСОВА¹, Э.Л. ВАРДАНЯН², Е.В. ОСТРОВЕРХОВ¹, А.А. ЛЕОНОВ¹, М.В. САВЧУК¹***ОСАЖДЕНИЕ МНОГОСЛОЙНОГО ПОКРЫТИЯ В ГАЗОМЕТАЛЛИЧЕСКОМ ПУЧКОВО-ПЛАЗМЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ ПРИ НИЗКОМ ДАВЛЕНИИ ***

Вакуумно-дуговым плазменно-ассистированным методом проведено осаждение многослойного покрытия на основе Ti и Al в двух разрядных системах – в традиционной системе плазменно-ассистированного вакуумно-дугового напыления и в системе генерации газометаллических пучково-плазменных образований, формируемых в полом катоде несамостоятельного тлеющего разряда низкого давления. Полученные в исследуемых разрядных схемах покрытия близки по элементному и фазовому составу. В покрытии, напыленном в пучково-плазменном образовании, содержание алюминия ниже на 8 %, что, вероятно, связано с совокупной более высокой средней величиной плотности потока ионов на поверхность растущей пленки в несамостоятельном тлеющем разряде. В этом покрытии отсутствуют элементы, входящие в состав материала распыляемого полого катода. Газометаллические пучково-плазменные образования, формируемые при низком давлении, перспективны в процессах нанесения функциональных покрытий вакуумно-дуговым плазменно-ассистированным методом.

Ключевые слова: многослойное покрытие, пучково-плазменное образование, вакуумно-дуговое напыление, плазменное ассистирование, разряд низкого давления, газометаллическая плазма.

Введение

Повышение износостойкости поверхности конструкционных и инструментальных материалов является одной из важнейших задач развития машиностроения. Применяемые в промышленности вакуумные электронно-ионно-плазменные методы [1] отличаются высокой экологичностью и широкими возможностями упрочнения поверхности металлических материалов. Использование плазмы разрядов низкого (≈ 1 Па) давления в процессах химико-термической обработки поверхности [2, 3] и напылении функциональных покрытий [4, 5] позволяет независимо контролировать такие основные рабочие параметры, как энергия ионов, воздействующих на обрабатываемую подложку, плотность ионного тока из плазмы, температура подложки, состав газовой смеси [6]. Несмотря на перспективность применения такой плазмы в процессах упрочнения поверхности материалов, существует ряд проблем, препятствующих внедрению в производственные циклы цифрового интеллектуального автоматизированного оборудования на этой основе.

Одной из них является сложность синтеза плазмы в больших (> 0.1 м³) вакуумных объемах с требуемой степенью однородности плазмы. Перспективным с этой точки зрения является генерация плазмы в несамостоятельном тлеющем разряде с полым катодом, позволяющая формировать плазму с низкой степенью неоднородности и независимой регулировкой основных рабочих параметров. Синтезируемая в полом катоде тлеющего разряда с внешней инжекцией электронов плазма по методу ее генерации может быть отнесена к пучково-плазменным образованиям (ППО) [7]. Под пучково-плазменным образованием понимается плазменная среда, для образования которой, во-первых, необходимо наличие электродной системы, обеспечивающей самоподдержание разряда в определенном диапазоне рабочих параметров или горение разряда с некоторой степенью несамостоятельности и определяющей степень неоднородности концентрации плазмы. Во-вторых, обязательна инжекция в разрядную систему пучка заряженных частиц, например, электронов, которые значительным образом изменяют характеристики разряда и соответственно параметры и состав плазмы. Кроме того, электроны служат источником дополнительных реакций вблизи и на поверхности обрабатываемой подложки. Особый интерес вызывают процессы плазменно-ассистированного напыления покрытий на поверхность изделий в газометаллических пучково-плазменных образованиях.

Одними из основных факторов, влияющих на структуру и фазовый состав покрытий, осаждаемых на различные материалы вакуумно-дуговым или магнетронным методами, являются величина и соотношение плотности потока ионов и нейтральных частиц J_i/J_a на поверхность растущей пленки, где J_i – плотность потока ионов, J_a – плотность потока нейтральных частиц [1]. Изменить

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-08-00370 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>