

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ С ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь*

The influence of basis surface conditions and a droplet component of a condensed plasma stream on a quality of a surface of formed metal-silicon-nitrogen coverings is researched. It is installed, that a character of changes of covering's surface roughness from size of the accelerating potential and an arc current doesn't depend on a covering material. At an estimation of a covering surface roughness it is necessary to consider its dependence on thickness of a besieged layer and, in case of multicomponent coverings, structure of a cathode material.

Формирование плазменных покрытий в вакууме на поверхности упрочняемых деталей определяется механизмом роста покрытия, состоянием поверхности конденсации и свойствами осаждаемого плазменного потока [1]. Практика показывает, что надежность деталей с такими покрытиями в значительной мере определяется не только их составом и структурой, но и морфологией их поверхности, величиной общей и сквозной пористости, остаточных напряжений в покрытиях.

Цель данной статьи – исследовать влияние состояния поверхности основы и капельной составляющей конденсирующегося плазменного потока на качество поверхности формируемых покрытий.

Формирование покрытий проводилось с использованием вакуумной установки УРМЗ.279.048 на образцах из стали 12Х18Н10Т, титановых сплавов ВТ1 и ВТ3-1, имевших различную исходную шероховатость поверхности. Параметры шероховатости измеряли на профилографе-профилометре модели 252. Режимы формирования покрытий TiN и Me-Si, Me-Si-N, где Me это Ti или Zr были следующими: ионная очистка - при ускоряющем напряжении - 1000 В, ток дугового разряда - 45...90 А, осаждение покрытия осуществлялось при отрицательном напряжении на образцах 0...400 В, токах дуги 45...90 А и давлении азота до 9×10^{-2} Па. В качестве материала катода использовали литейные сплавы металл-кремний [2].

Покрытия формируются при совместном осаждении ионов и капель потока, что определяет морфологию их поверхности [3]. Наличие в катодах-сплавах легкоплавкого компонента или хрупких неметаллических включений влияет на рост в потоке доли капельной фазы. Установлено, что с ростом содержания кремния в катоде шероховатости силицидных покрытий (R_a') растёт.

Исследования проведенные авторами и анализ научной литературы показывают, что на формирование тонких (10...100 мкм) технологических покрытий в значительной степени влияет исходная шероховатость поверхности основы (Ra_0). При одинаковых условиях осаждения покрытий увеличение Ra_0 приводит к росту шероховатости покрытия (Ra'). Наиболее сильно это наблюдается у композиционных покрытий типа металл-кремний. Отношение Ra_0/Ra' с ростом Ra_0 стремится к постоянному значению зависящему от материала покрытия. При значениях Ra_0 выше некоторой критической величины Ra' определяется составом покрытия и режимом его осаждения и не зависит от величины шероховатости исходной поверхности, на которую наносится покрытие. При Ra_0 более 0,5...1 мкм существенного изменения параметров наносимого покрытия не наблюдалось. Отношение Ra_0/Ra' стремится к единице для покрытий на основе нитрида титана, 0,5 – для покрытий титан-кремний, 0,25 – цирконий-кремний. При Ra_0 более 2...2,4 мкм добиться сплошности покрытия не возможно. С нанесением покрытия среднее арифметическое отклонение профиля поверхности увеличивается. В интервале от 0,2...0,3 мкм до 0,5...1 мкм (величина интервала определяется составом покрытия) нанесения покрытия приводит к линейной зависимости параметров шероховатости поверхности образцов. Изменение Ra_0 ниже величины 0,2...0,3 мкм, слабо влияет на конечную шероховатость поверхности покрытия, т.е. в этой области наибольшее влияние на Ra' будет оказывать режим формирования и состав покрытия.

Рост ускоряющего потенциала ведет к уменьшению шероховатости поверхности покрытий. Увеличение тока дуги способствует росту количества капель в потоке и, следовательно, в покрытии. Поскольку капли являются своеобразными «затравками» для роста пиков микронеровностей, то при увеличении тока дуги шероховатость покрытия увеличивается.

Таким образом, исходная шероховатость поверхности детали 0,2...0,3 мкм является оптимальной с точки зрения ее подготовки под нанесение покрытий. Сама технология вакуумного электродугового осаждения многокомпонентных покрытий должна рассматриваться как процесс финишной обработки. При этом следует учитывать, что шероховатость поверхности детали может ухудшаться в процессе формирования на ней защитного слоя. Нанесение покрытий Ti-N и Ti-Si на поверхность аустенитной стали 12X18H101 показало уменьшение величины относительной опорной длины профиля при любых исходных параметрах шероховатости образцов. Характер изменения Ra' от величины ускоряющего потенциала и тока дуги не зависит от материала покрытия. При оценке шероховатости поверхности покрытий следует учитывать её зависимость от толщины осаждаемого слоя и, в случае многокомпонентных покрытий, состава материала катода.

1. Плазменно-вакуумные покрытия / Под общ. ред. Ж.А. Мрочек – Минск: УП «Технопринт», 2004. – 369 с.
2. Емельянов, В.А. Вакуумно-плазменные способы формирования защитных и упрочняющих покрытий / В.А. Емельянов, И.А. Иванов, Ж.А. Мрочек. – Минск: БЕСТПРИНТ, 1998. 1998. – 284 с.
3. Мрочек Ж.А. Современное состояние исследований в области вакуумно-плазменных жаростойких и упрочняющих покрытий / Ж.А. Мрочек, И.А. Иванов, В.А. Соколовский // Весці НАНБ. Сер.фіз.-тэхн.наук, – 2002, – № 3, – С. 121. – Деп. в ВИНІТИ № 229В2002 05.02.02. – 24 с

УДК 621.793.18

Иванов И.А.

РАСЧЁТ ТОЛЩИНЫ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Theoretical approaches to designing on the basis of applied MATLAB code of models of calculation of speed of sedimentation of unicomponent plasma streams are discussed.

Для вакуумно-плазменных способов осаждения покрытий одним из важных факторов, влияющих на функциональные свойства упрочненных поверхностей, является толщина осажденного слоя. Для большинства промышленных применений толщина вакуумно-плазменных покрытий не превышает 10 микрометров. Для таких сравнительно тонких покрытий их толщина оказывается важным параметром влияющим на их свойства. Поэтому разработка методов расчета и контроля толщины вакуумно-плазменных покрытий в процессе их осаждения является актуальной с точки зрения обеспечения работоспособности этих покрытий в заданных условиях эксплуатации.

Цель данной статьи – это обсуждение теоретических подходов к проектированию на базе пакета прикладных программ MATLAB моделей расчета скорости осаждения однокомпонентных плазменных потоков.

В качестве примера однокомпонентного плазменного потока рассматривается плазменный поток, формируемый при испарении вакуумной дугой титана марки ВТ1-0. Второй компонент в покрытии связан с использованием технологического газа (азота). При моделировании за источник плазмы (центр испарения) принималась точка пересечения оси испарителя с поверхностью катода. Экспериментальные зависимости для расчета скорости осаждения титанового покрытия на подложку брались из [1].