

ЛИТЕРАТУРА

1. Игнатюк, В.И., Игнатов, А.Ю. Об учете упругой податливости узловых соединений в расчетах методом конечных элементов пространственных стержневых систем // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2004. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 118–122.
2. Игнатюк, В.И. Метод конечных элементов в расчетах стержневых систем: Учебное пособие. – Брест: БГТУ, 2004. – 172 с.
3. Игнатюк, В.И., Игнатов, А.Ю. Моделирование вращения аксонометрического изображения пространственной стержневой системы на экране монитора // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2006. – № 5: Физика, математика, информатика.

УДК 621.793.18

Каланда Д. С.

ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТИ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

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

*Научные руководители: доктор техн. наук, доцент Иванов И. А.
канд. техн. наук, доцент Фролов И. С.*

Анализ современного состояния вакуумно-плазменных методов формирования защитных и упрочняющих покрытий показывает, что область их использования постоянно расширяется. Значительную роль в этом играют технологические возможности методов позволяющие получать многокомпонентные защитные покрытия на основе соединений, синтез которых при температуре основы менее 500°C невозможен. На практике надежность покрытий определяется составом, структурой и морфологией поверхности, величиной общей и сквозной пористости, остаточных напряжений. Эти технологические параметры оказывают решающее значение на эксплуатационные свойства покрытий.

Цель данной статьи - выявить роль качества подготовки поверхности основы на шероховатость поверхности формируемых покрытий.

Формирование покрытий проводилось с использованием вакуумной установки УРМ3.279.048, оснащенной дополнительно импульсным генератором плазмы для получения покрытий из УАПП. Эксперименты проводились на образцах из аустенитной стали 12Х18Н10Т, бронзы БрА10, алюминиевого сплава Д16Т, титановых сплавов ВТ1 и ВТ3-1, имевших различную исходную шероховатость поверхности. Параметры шероховатости (R_a , R_{max} , t_p) измерялись на профилографе-профилометре модели 252. Режимы очистки и формирования покрытий TiN и Me-Si, Me-Si-N, Me = Ti, Zr были следующие:

щими: ионная бомбардировка проводилась при отрицательном ускоряющем напряжении 1000 В и токах дуги 45- 90 А; осаждение покрытия осуществлялось при отрицательном напряжении на образцах 0- 400 В, токах дуги 45- 90 А и давлении реакционного газа (азота) в камере до 9×10^{-2} Па. Режимы осаждения УАПП: напряжение разряда генератора (импульсного) $U = 300$ В, емкость накопителя $C = 5000$ мкф, число импульсов разрядов $N = 5 \times 10^4$. В качестве материала катода служил графит марки МПГ-6.

Анализ научной литературы показывает, что несмотря на различия в материалах покрытий и используемых основ существуют общие для всех случаев зависимости шероховатости поверхности покрытий (Ra') от величины исходной шероховатости основы (Ra_0). Так, при одинаковых условиях осаждения покрытий увеличение исходной шероховатости основы (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, т.е. при значениях Ra_0 выше некоторой критической величины Ra' будет определяться составом покрытия и режимом его осаждения и не зависеть от величины шероховатости исходной поверхности, на которую наносится покрытие (рис.1, 2). Так, при Ra_0 более 0,5...1 мкм существенного изменения параметров наносимого покрытия не наблюдается. Отношение Ra_0/Ra' стремится к единице для покрытий на основе нитрида титана, 0,5 – для покрытий титан- кремний, 0,25 – цирконий- кремний. Для УАПП это отношение близко к 0,95.

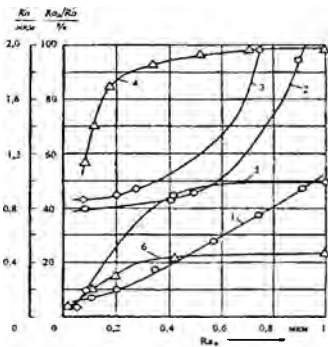


Рисунок 1 – Изменение шероховатости (Ra') поверхности покрытий систем: 1 – титан-азот; 2 – титан-кремний; 3 – цирконий – кремний и относительной величины Ra_0/Ra' : 4 – титан-азот; 5 – титан-кремний; 6 – цирконий-кремний (основа – сталь 12Х18Н10Т; Ra_0 – исходный параметр шероховатости поверхности основы; Ra' – после нанесения покрытия)

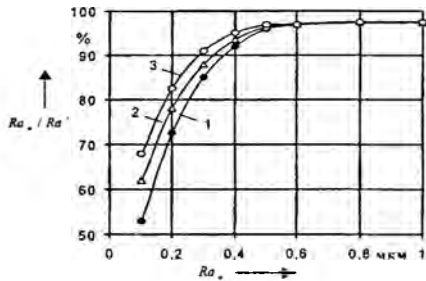


Рисунок 2 – Изменение относительной величины Ra_0/Ra' шероховатости поверхности при формировании покрытий из углеродной алмазоподобной пленки (1 – сплав Д16Т; 2 – бронза БрА10; 3 – сталь 12Х18Н10Т; – исходный параметр шероховатости поверхности основы; Ra' – после нанесения покрытия)

Для покрытий на основе нитрида титана при R_{a_c} более 1,5...2 мкм Ra' оказывается меньше исходной шероховатости основы, что объясняется частичным разрушением пиков микронеровностей при ионной бомбардировке. Покрытия типа металл-кремний существенно ухудшают качество поверхности упрочняемых деталей. При R_{a_c} более 2...2,4 мкм добиться сплошности покрытия практически не возможно, что связано с проявлением эффекта затенения.

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 R_{a_c} 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.

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.

Измерение относительной опорной длины профиля образцов из аустенитной стали 12X18H10T после нанесения УАПП и покрытий Ti-N и Ti-Si при различных исходных параметрах шероховатости показало, что нанесение покрытий приводит к уменьшению величины относительной опорной длины профиля при любых исходных параметрах шероховатости образцов.

Исследования влияния толщины покрытия на шероховатость его поверхности было проведено на образцах стали 12X18H10T с покрытием TiN после точения, шлифования и полирования. При этом исходная шероховатость составляла R_{a_c} 3,2...0,16 мкм. Толщина покрытия изменялась в пределах 3...15 мкм. Анализ полученных зависимостей показывает, что шероховатость покрытия зависит как от его толщины, так и от исходной шероховатости основы R_{a_c} и может либо уменьшаться (при $R_{a_c} > 1,6$ мкм), либо увеличиваться ($R_{a_c} < 1,6$ мкм) с увеличением толщины покрытия.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Зависимость Ra' от R_{a_c} имеет три ярко выраженные зоны. Уменьшение R_{a_c} менее 0,2...0,3 мкм практически не влияет на шероховатость поверхности формируемых покрытий. Следовательно, оптимальной с точки зрения подготовки поверхности детали под нанесение покрытий является величина R_{a_c} равная 0,2...0,3 мкм.

2. Увеличение R_{a_c} более 0,2...0,3 мкм ведет к росту шероховатости поверхности покрытий. При этом, при R_{a_c} более 0,5...1 мкм отношение R_{a_c}/Ra' для всех исследованных покрытий является величиной постоянной и зависит от материала осаждаемых покрытий. Для покрытий на основе нитри-

да титана это отношение близко к единице, для покрытий титан- кремний к 0,5, цирконий- кремний – 0,25. Для УАПП это отношение близко к 0,95.

3. Следует учитывать, что шероховатость поверхности детали может ухудшаться в процессе формирования на ней защитного слоя. При этом, нанесение покрытий приводит к уменьшению величины относительной опорной длины профиля при лобых $R_{a\lambda}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мрочек, Ж.А., Иванов, И.А., Соколовский, В.А. Современное состояние исследований в области вакуумно-плазменных жаростойких и упрочняющих покрытий// Весці НАНБ. Сер.фіз.-тэхн.навук, 2002, № 3, с. 121.-Деп. в ВИНТИ № 229В2002 05.02.02. - 24 с.

УДК 621.793.18

Карабан А.С.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОСАЖДЕНИЯ НА МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ ПОКРЫТИЙ

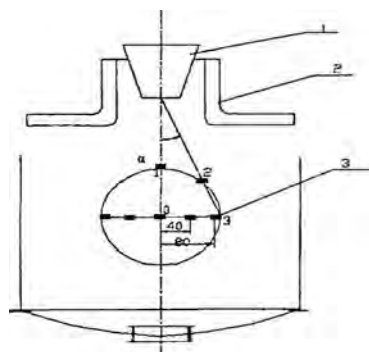
*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель доктор техн. наук, доцент Иванов И. А.

В случае осаждения вакуумных электродуговых покрытий значительное влияние на качество их поверхности, а значит, и на минимально допустимую толщину покрытий оказывают технологические параметры их осаждения [1].

Цель данной статьи – исследовать влияние давления и ускоряющего потенциала на качество поверхности формируемых покрытий.

Схема эксперимента представлена на рисунке 1. В качестве материала основы брали твердосплавные пластины группы ТК. Шероховатость поверхности оценивали по величине среднего арифметического отклонения профиля от базовой линии (параметр R_a , мкм) на профилографе-профилометре модели 206.



1 – катод; 2 – анод; 3 – образцы
Рисунок 1 – Схема расположения образцов в вакуумной камере