

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  $R_{a\phi}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мрочек, Ж.А., Иванов, И.А., Соколовский, В.А. Современное состояние исследований в области вакуумно-плазменных жаростойких и упорчяющих 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

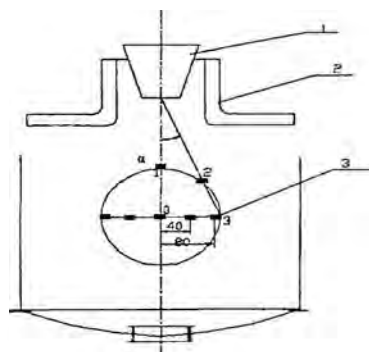
*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*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.

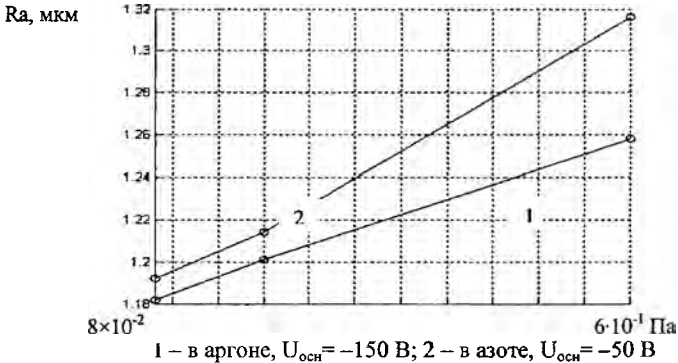
Схема эксперимента представлена на рисунке 1. В качестве материала основы брали твердосплавные пластины группы ТК. Шероховатость поверхности оценивали по величине среднего арифметического отклонения профиля от базовой линии (параметр  $R_a$ , мкм) на профилографе-профилометре модели 206.



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

Использование технологического газа исследовали на примере покрытий цирконий-кремний, осаждаемых в среде азота или аргона. В качестве расходимых катодов использовали катоды из сплава  $Zr+60$  вес % Si.

Как показывают результаты экспериментальных исследований (рисунок 2), увеличение давления технологического газа способствует росту шероховатости поверхности исследуемых покрытий, что может быть объяснено влиянием адсорбции атомов газа.



1 – в аргоне,  $U_{осн} = -150$  В; 2 – в азоте,  $U_{осн} = -50$  В  
Рисунок 2 – Зависимость шероховатости поверхности осаждаемых покрытий от давления технологического газа

Наиболее сильное влияние на шероховатость поверхности формируемых покрытий (при токах дугового разряда менее 90 А) оказывает величина ускоряющего потенциала смещения, подаваемого на основу. С ростом ускоряющего потенциала величина Ra поверхности покрытий уменьшается. Представляет интерес оценить совместное действие изменения давления технологического газа и величины отрицательного ускоряющего потенциала на изменение величины шероховатости исследуемых многокомпонентных покрытий и определить наиболее значимый из них.

Исходные данные приведены в таблице 1. В таблице варьируются отрицательный ускоряющий потенциал и давление технологического газа (параметры модели). Результат измерения (поверхность отклика) – шероховатость поверхности осаждаемых покрытий.

Для выявления степени влияния двух выбранных факторов на шероховатость поверхности исследуемых покрытий был проведен дисперсионный анализ результатов измерений. Для этого была получена матрица первичной обработки результатов экспериментов, указанных в таблице варьируемых факторов (таблица 1).  $U_{осн}$ , В – значение отрицательного ускоряющего потенциала,  $P_N$  – давление технологического газа, Па (в данном случае – азота).

Число уровней варьирования факторов: для  $U_{осн}$  –  $n = 3$ , для  $P_N$  –  $r = 3$ .

Рассчитывая среднее значение по строкам  $y_i$  и по столбцам  $y_j$ , а также среднее по всей таблице  $\mu$ , найдем дисперсии изменчивости отклика под влиянием факторов  $U_{осн}$  и  $P_N$ :  $s^2(U_{осн}) = 0,018003$ ;  $s^2(P_N) = 0,013215$ , и дис-

персию воспроизводимости отклика для двухфазного дисперсионного анализа с одним экспериментом в ячейке  $sv^2 = 0,04944$ . Критерий Фишера для каждого фактора  $F_H(U_{осн})$  для степеней свободы:  $f_v = 4$ ,  $f(U_{осн}) = 2$ ,  $f(P_N) = 2$ , и его критические значения  $F_K(U_{осн})$  для доверительной вероятности  $P = 0,9$ :  $F_H(U_{осн}) = 0,3641 < F_K(U_{осн}) = 2,81$ ;  $F_H(P_N) = 0,2673 < F_K(P_N) = 2,81$ .

Таблица 1 – Матрица первичной обработки результатов эксперимента

$P_N, \text{Па}$ $U_{осн}, \text{В}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-1}$	Среднее по строкам
-250	1,078	1,091	1,128	1,099
-150	0,984	1,014	1,184	1,061
-50	1,192	1,214	1,316	1,241
Среднее по столбцам	1,085	1,106	1,209	$\mu = 1,134$

Таким образом, каждый из исследуемых факторов является статистически значимым. Следовательно, необходимо учитывать влияние каждого фактора на качество формируемых покрытий.

Выводы. Увеличение давления технологического газа способствует формированию покрытий, имеющих, конусообразную зеренную структуру с более грубой поверхностью. С ростом величины ускоряющего потенциала шероховатость уменьшается.

#### ЛИТЕРАТУРА

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

УДК 620.22

Карчевский А.М., Николаев М.Н.

#### ГАЗОПЛАМЕННОЕ НАНЕСЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ

*Могилевский государственный университет продовольствия,  
г. Могилев, Республика Беларусь*

*Научный руководитель доктор техн. наук, профессор Шуляк В.А.*

*Работа посвящена исследованию процессов измельчения, классификации и газопламенного напыления полимерных порошковых материалов на детали и конструкции сложной формы. Создана опытно-промышленная экспериментальная установка для измельчения и классификации полимерных порошков и установка для напыления измельченных мелкодисперсных порошков на различные материалы.*