

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вакуумная установка для нанесения покрытий пат. 2 058 427 РФ, МПК С23С 14/34 / Дерюгин А. А. Жалилов Р. Х., Рогов А. В. ; заявители А. А. Дерюгин, Р. Х. Жалилов, А. В. Рогов № 93 93031133; заявл. 01.06.1993; опубл. 20.06.2000 // Официальный бюл. / Фед. служба по интеллектуал. собственности. – 2000. – № 17. – С. 8.

2. Устройство для нанесения покрытий в вакуумных установках пат. 2 038 416 РФ, МПК С23С 14/50 / Ивашов Е. Н, Оринчев С. М., Степанчиков С. В., Кожевников А. И.; заявители Е. Н. Ивашов, С. М. Оринчев, С. В. Степанчиков, А. И. Кожевников № 5061393/10; заявл. 03.09.1992; опубл. 27 06 1995 // Официальный бюл. / Фед. служба по интеллектуал. собственности. – 1995. – № 24. – С. 3.

3. Установка плазменного напыления шаровых поверхностей пат. 2070606 РФ, МПК С23С 4/00 / Земский Ю.П. ; заявители Ю.П. Земский № 91 5007456; заявл. 28.10.1991; опубл. 01.16.95 // Официальный бюл. / Фед. служба по интеллектуал. собственности. – 1995. – № 12. – С. 7.

УДК 621.793

Бельтюков А. В., Кагало В. Г.

### **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАВНОМЕРНЫХ ПО ТОЛЩИНЕ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ**

*БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент  
Комаровская В. М.*

Технологии вакуумно-плазменной модификации поверхности деталей, в том числе электродуговое и магнетронное нанесение тонких пленок на подложки в вакууме и создание поверхностных модифицированных слоев деталей, давно и проч-

но заняли свое место в получении функциональных покрытий для самых различных применений, как в микроэлектронике, так и в других областях технологических разработок.

В разработках вакуумно-плазменных технологических процессов модификации поверхности деталей и нанесения покрытий помимо электродугового испарения применяется и магнетронное распыление, гарантирующее получение более качественных модифицированных слоев и покрытий ввиду отсутствия микро- и макрокапельной составляющей в потоке распыляемого материала, содержащего преимущественно атомарную составляющую.

При этом важнейшим условием в разработке вакуумно-плазменных технологий получения модифицированных поверхностных слоев деталей (покрытий), определяющим качество, производительность и эффективность данных технологий, является не только получение указанных слоев, но также и обеспечение равномерности и однородности толщины данных слоев по модифицируемой поверхности деталей, обрабатываемых в одном технологическом цикле.

В свою очередь, основными причинами возникновения неоднородности толщин покрытий на подложках являются следующие: 1) неоднородность распределения пароплазменного потока электродуговых испарителей и потока распыляемых атомов от магнетронных распылителей по объему рабочей вакуумной камеры; 2) нахождение различных точек поверхности деталей на различных расстояниях от источника распыляемого материала.

Проблема неоднородного покрытия актуальна для установок типа «Булат-6», а также подобных их установок «ННВ-6,6-И1». В работе [1] приводятся экспериментальные данные по неравномерности ионного потока и нагрева подложек в камере этих установок, которые связаны с их конструктивными особенностями.

Для повышения однородности покрытия необходимо сравнять условия нанесения покрытия по всей заготовке. Вариантом достижения такой задачи является применение планетарного механизма (рисунок 1).

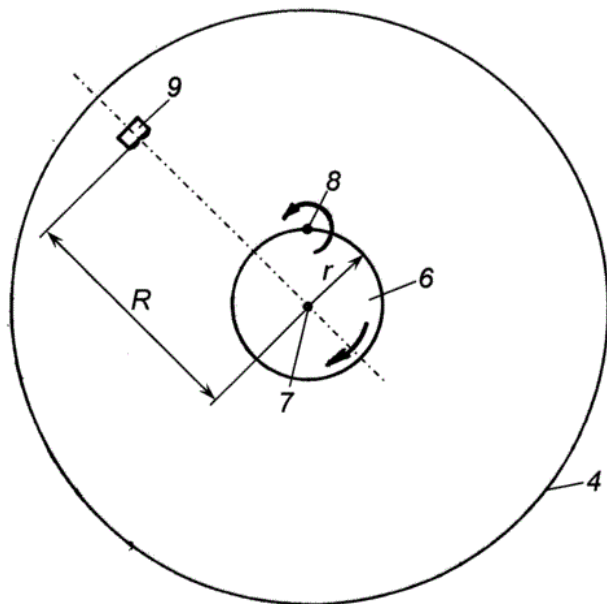


Рисунок 1 – Схема планетарного движение деталей

Данное устройство предлагается для внедрения в производство в описании полезной модели к патенту [2]. Предлагаемое устройство (рисунок 1) содержит цилиндрическую вакуумную камеру 4 с внутренним диаметром  $D = 1200$  мм, в центре дна которой установлен планетарный механизм вращения-перемещения обрабатываемых образцов деталей 6. Данный механизм имеет центральную позицию 7 (центр механизма, центральная ось вращения механизма), представляющую собой гнездо для установки держателя образцов. Периферийные позиции механизма 8 также представляют собой гнезда для установки держателей образцов деталей.

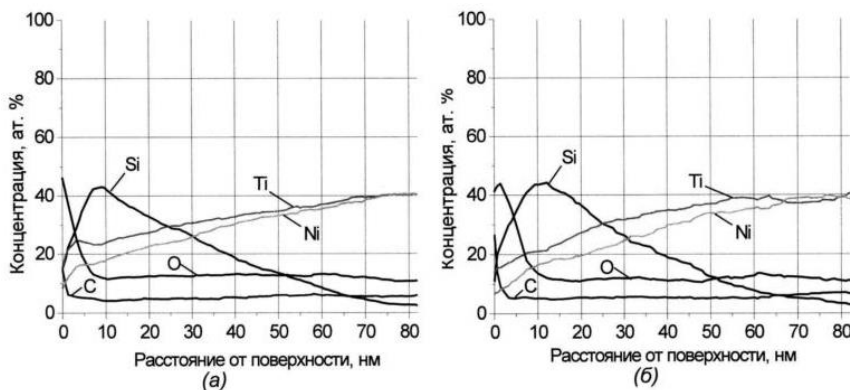


Рисунок 2 – Графики зависимости

Исследования, упомянутые в работе [2], показали, что при напылении кремния на подложки из стали 12X18H10T при  $R = 480 \text{ мм}$ ,  $r = 150 \text{ мм}$ ,  $d = 56 \text{ мм}$ , где  $d$  – диаметр плоской мишени, достигается высокая однородность покрытия по толщине. Результаты измерений состава покрытий приведены на графиках зависимости концентрации молекул различных материалов от глубины (рисунок 2 а, б). Первый график характеризует поверхностный состав подложки, которая находилась на центральной позиции, на втором графике – периферийной позиции.

Из графиков видно, что есть разница в составе кремния в покрытии между образцами различных позиций. Это обусловлено различной температурой подложек в процессе напыления. Так, у подложек периферийной позиции температура оказалась больше. Следовательно, чтобы убрать разницу в составе покрытий, надо сравнять температуры подложек различных позиций. Это можно осуществить двумя способами: 1) увеличить скорость вращения планетарного механизма; 2) добавить под подложки периферийных позиций теплоотводящий элемент. В первом варианте мы сокращаем время нагрева периферийных подложек при воздействии потока плазмы. Во втором варианте лишнее тепло будет отводиться от подложек. Стоит также от-

метить недостатки каждого способа. Добавление теплоотводящего элемента требует дополнительных финансовых затрат и доработки оснастки. Однако при увеличении скорости вращения механизма, увеличивается его износ, а, следовательно, уменьшается срок использования, что может привести к большим финансовым затратам в долгой перспективе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кустов, В.В. Пространственная неравномерность технологических характеристик дугового испарителя установки «БУЛАТ-6» / Кустов В.В., Марахтанов М.К. // Физика и химия обработки материалов, 1994, № 6, с. 155-157.

2. Описание полезной модели к патенту РФ №169200, 09.03.2017. Устройство вакуумно-плазменной однородной модификации поверхности деталей.

УДК 621.762.4

Бессараб Д. В.

## **КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ, ОСАЖДАЕМЫЕ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫМИ МЕТОДАМИ**

*БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент  
Латушкина С. Д.*

Современный уровень развития техники предъявляет высокие требования к изделиям и комплектующим, предназначенным для эксплуатации в заданных температурно-временных областях. Выполнение этих требований может быть обеспечено соответствующим подбором материалов. Одним из путей обеспечения высоких эксплуатационных качеств изделий и расширения области их применения является нанесение на их поверхности слоев с оптимальными физико-