

**Міністерство освіти і науки України**  
**Сумський державний університет**  
*Азадський університет*  
*Каракалтакський державний університет*  
*Київський національний університет технологій та дизайну*  
*Луцький національний технічний університет*  
*Національна металургійна академія України*  
*Національний університет «Львівська політехніка»*  
*Національний технічний університет України*  
*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*  
*Одеський національний політехнічний університет*  
*Сумський національний аграрний університет*  
*Східно-Казахстанський державний технічний*  
*університет ім. Д. Серікбаєва*  
*Технічний університет Кошице*  
*Українська асоціація якості*  
*Українська інженерно-педагогічна академія*  
*Університет Барода*  
*Університет ім. Й. Гуттенберга*  
*Університет «Politechnika Świętokrzyska»*  
*Харківський національний університет*  
*міського господарства ім. О. М. Бекетова*  
*Херсонський національний технічний університет*

## **СИСТЕМИ РОЗРОБЛЕННЯ ТА ПОСТАНОВЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЦТВО. ІНДУСТРІЯ 4.0. СУЧАСНИЙ НАПРЯМОК АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ОБМІНУ ДАНИМИ У ВИРОБНИЧИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції  
(м. Суми, 22–26 травня 2017 року)



Сайт конференції: <http://srpv.sumdu.edu.ua>.

Суми  
Сумський державний університет  
2017

## ФОРМИРОВАНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ

*Павлов А.Г., СНАУ, г. Сумы*

В промышленности используются различные материалы для покрытий и способы их нанесения. Задача повышения ресурса деталей машин, оборудования и инструмента решается в мире за счет нанесения на них многофункциональных покрытий, в том числе нанокompозитных. Такие покрытия обладают свойствами, необходимыми для работы деталей и инструмента с высокой твердостью и низким коэффициентом трения. Эти свойства обеспечиваются за счет особой нанокompозитной структуры покрытий, представляющей собой нанокристаллитные керамические зерна, распределенные в матрице. Покрытия наносят в вакууме, на автоматизированных установках, которые обеспечивают стабильную повторяемость высоких свойств покрытий. В мире используют два способа нанесения нанокompозитных покрытий: вакуумно-дуговой и магнетронный. При первом способе покрытие формируется из высокоионизированной плазмы за счет энергии разряда электрической дуги на металлическом катоде. В магнетронном способе ионизированная плазма формируется в результате бомбардировки металлической мишени ионами аргона. Покрытие, осаждаемое на изделия, строится исключительно на атомарном уровне, без каких-либо включений микрокапель. Преимущества магнетронного метода нанесения нанокompозитных покрытий наиболее ярко проявились в последние годы при использовании дуальных магнетронных распылительных систем. Это системы, состоящие из двух одинаковых магнетронов, устанавливаемых рядом под некоторым углом друг к другу. Магнетроны оснащаются мишенями, выполненными из различных материалов, что позволяет формировать сфокусированные на изделии потоки атомов и ионов тех металлов, из которых строится нанокompозитное покрытие.

При подаче на дуальный магнетрон импульсного двуполярного напряжения частотой 20-40 кГц магнетроны системы начинают работать в особом режиме. В одну половину периода один магнетрон работает катодом, а другой анодом, в другую половину периода – наоборот. Такой режим работы магнетронов позволяет получить высокую степень ионизации плазмы и полностью исключить генерацию микрочастиц, которая возможна в обычном магнетронном разряде [1]. В результате формируется совершенная нанокompозитная структура покрытия с высокой гладкостью поверхности, которая обладает низким коэффициентом трения и обеспечивает высокоэффективную защиту как от износа, так и от коррозии при повышенных температурах.

### Список литературы

1. Черноиванов В.И., Голубев И.Г. Восстановление деталей машин (Состояние и перспективы). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376 с.