

## ЛИТЕРАТУРА

1. Данилин, Б.С. Магнетронные распылительные системы / Б.С. Данилин, В.К. Сырчин. – М.: Радио и связь, 1982.

2. Берлин, Е. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок / Е. Берлин [и др.]. – М.: Техносфера, 2007.

3. Жуков, В.В. Распыление мишени магнетронного диода в присутствии внешнего ионного пучка / В.В. Жуков // Журнал технической физики. – 2006. – Т. 76. – вып. 4.

УДК 621.52

Вишневецкий В.Ч.

### **УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ИСПАРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: Иванов И.А.*

Технологические параметры процесса нанесения покрытий определяются способностью испарителя поддерживать испаряемое вещество при определенной температуре длительное время. Для большей части материалов, применяемых в практике вакуумной металлизации для получения покрытий, рабочие температуры составляют 1300..2500 К при давлении паров испаряемого вещества порядка 1,33 Па.

Отличительной особенностью электродуговых испарительных систем состоит в том, что помимо паров металла возникают ионизированные частицы. Эти частицы поддаются управлению электромагнитными или электростатическими полями и легко вступают в реакции с другими элементами. Последнее позволяет получить широкий спектр химических соединений при низких температурах поверхности упрочняемого изделия.

Применительно к проблемам вакуумной металлизации можно выделить некоторые характерные особенности электрической

дуги, определяющие процесс формирования покрытий. Электрический дуговой разряд в вакууме происходит в парах металла. На катоде формируются микроскопические участки – катодные пятна с высокими плотностью энергии и температурой. В пределах катодных пятен локализуются все заряженные частицы катодной области разряда.

В состав продуктов эрозии катода в зоне пятна входят капли расплавленного металла, ионы и пары металла. Размер капель и их концентрация в общем, потоке частиц, поступающих подложку, определяются свойствами материала катода и плотностью тока дуги разряда

Давление паров металла в области катодного пятна достигает 105 Па, поэтому в зоне пятна не происходит взаимодействия с напускаемым газом. Взаимодействие реализуется в следующих областях: на катоде в зонах, остающихся после перемещения катодного пятна; непосредственно на поверхности подложки, где происходит реакция свеженапыленного слоя с газом; в разрядном промежутке при условии его достаточной протяженности. Скорость перемещения катодного пятна в значительной степени зависит от состава и давления напускаемого газа. Эти параметры определяют скорость испарения и состав формируемого покрытия.

Конструктивно метод электродугового испарения наиболее прост; для его практической реализации используют стандартные сварочные выпрямители или генераторы. Это определяет значительные преимущества метода по сравнению с прямоканальными и электронно-лучевыми.

Один из наиболее серьезных недостатков метода – наличие капельной фазы в потоке частиц, поступающих на поверхность изделий – как правило, отрицательно влияет на электрофизические и оптические свойства пленок и ограничивает применение метода в радиоэлектронной и электротехнической промышленности.

С начала 80 годов в СССР был налажен серийный выпуск оборудования на базе схемы «Пуск» и на базе схемы «Булат» –

установки типа «Булат-3Т», «Юнион», ВУ-1 и установки типа ННВ. Схема «Булат-3» также используется в установке фирмы Multi-Arc Vacuum Systems Inc, купившей в СССР лицензию на производство такого оборудования. На сегодняшний день широкое распространение получила установка ННВ-6.6. Для нанесения ионно-плазменным методом защитных, износостойких и декоративных покрытий из различных материалов (Ti, Zr, Cr, Mn, Al, Mo, W, их оксиды, нитриды и карбиды, сплавы и композиции) на детали и инструмент, в том числе режущий. Для получения плазмы металлов в данной установке используются электродуговые испарители с холодным катодом с последующей переработкой плазменной струи в скрещенных электрическом и магнитном полях или электродуговые ускорители (совмещающие эти два процесса).

Разработки и исследования в сфере конструирования вакуумных систем и узлов нуждаются в новых инновационных технологиях, и развитие этого направления несет в себе потенциальную пользу для развития многих сфер промышленности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бамберг, Е.А. Определение некоторых параметров индукционного безэлектродного разряда / Е.А. Бамберг, С.В. Дресвин // ЖТФ. – 1963. – Т. 33. – № 1.
2. Дандес, П. Низкочастотная индукционная плазма / П. Дандес // Физика и химия обраб. материалов. – 1975. – № 2.
3. Дашкевич, И.П. Применение ВЧ-разрядов в качестве источника излучения для спектрального анализа / И.П. Дашкевич, Г.С. Эйклинг // Завод. лаб. – 1973. – Т. 3. – № 4.
4. Дресвин, С.В. ВЧ- и СВЧ-плазматроны / С.В. Дресвин. – Н.: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. – 514 с.
5. Герасименко, А.А. Защита от коррозии, старения и биоповреждений: справочник / А.А. Герасименко. – Машиностроение, 1987.

6. Корохов, О.А. Мегаваттный ВЧ-плазмотрон с пористой разрядной камерой / О.А. Корохов, Л.А. Кузьмин. – Н.: Наука, 1989. – 144 с.

7. Костржицкий, А.И. Справочник оператора установок по нанесению покрытий в вакууме / А.И. Костржицкий [и др.]. – Машиностроение, 1991.

8. Цветков, Ю.В. Низкотемпературная плазма в восстановительных процессах / Ю.В. Цветков, С.А. Панфилов. – М.: Наука, 1980. – 360 с.

УДК 646.24

Гордейко С.А.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАКУЛАТУРЫ СБОРНОЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТАРОУПАКОВОЧНЫХ ВИДОВ БУМАГИ И КАРТОНА**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: Черная Н.В.*

Упаковка занимает особое положение в жизни современного общества. Тара из бумаги и картона является наиболее экологически чистым современным видом упаковки и занимает во всем мире ведущее положение среди всех видов упаковки. Производство бумаги и картона из вторичных волокон растёт быстрыми темпами, примерно в 2 раза быстрее, чем производство бумаги из целлюлозы.

В связи с этим были изучены бумагообразующие свойства различных марок макулатуры сборной в зависимости от ее поставщиков.

Цель работы – разработка практических рекомендаций по применению вторичного волокнистого сырья для получения тароупаковочных видов бумаги и картона.

Образцы макулатуры (11 видов) переданы на кафедру ХПД БГТУ от концерна «Беллесбумпром». Из макулатурного сырья изготовили образцы бумаги (80 г/м<sup>2</sup>), для которых определяли