

5. Добышев, А. С., Пузевич К. Л., Лукьянов Д. А., Горностаев Ю. О. Обзор и анализ систем охлаждения молока / А. С. Добышев, К. Л. Пузевич // УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» ЭММ ЧУП «Ходосовский ККЗ». 2011 С. 142–146.

УДК 621.793.18

**Возможность применения вакуумно-дугового метода для нанесения покрытий на термочувствительные подложки**

**Родькин Д. Г., студент,  
Жуевская С. Е., студент**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

**Аннотация:**

В данной статье рассмотрен метод вакуумно-дугового нанесения покрытий, выявлены основные преимущества и недостатки данного метода. Проведен сравнительный анализ способов модификации технологического процесса, с целью выявления возможности нанесения покрытий вакуумно-дуговым методом на термочувствительные подложки.

Вакуумно-дуговое нанесение покрытий – это физический метод нанесения покрытий в вакууме, путем конденсации на подложку материала из плазменных потоков, генерируемых на катоде-мишени в катодном пятне вакуумной дуги сильноточного низковольтного разряда, развивающегося исключительно в парах материала электрода [1].

Вакуумно-дуговой процесс испарения начинается с зажигания вакуумной дуги, которая формирует на поверхности катода (мишени) одну или несколько точечных эмиссионных зон, называемых «катодными пятнами», в которых концентрируется вся мощность разряда [1].

Локальная температура катодного пятна чрезвычайно высока (около 15000 °С), что вызывает интенсивное испарение и ионизацию в них материала катода и образование высокоскоростных потоков плазмы, распространяющихся из катодного пятна в окружающее пространство [1].

Вакуумно-дуговой метод получения покрытий (тонких пленок), обладает рядом преимуществ перед другими вакуумными методами:

- наносимые пленки имеют высокую адгезию к подложке;
- высокая коррозионная стойкость и твердость наносимых покрытий;
- отсутствие скрытой пористости;
- постоянство химического состава распыляемого материала обеспечивает однородность пленки по толщине;
- широкий выбор состава покрытий, в том числе возможность использования в качестве исходной мишени тугоплавкие материалы;
- большие площади поверхности получаемых пленок;
- получение покрытий толщиной до 10–15 мкм;
- высокий коэффициент использования распыляемого материала;
- экологическая чистота процесса.

Однако одним из недостатков способа дугового напыления является возникновение капельной фазы из-за длительного нахождения катодного пятна в одной точке испаряемого материала. Образование капельной фазы отрицательно влияет на качественные характеристики наносимого покрытия: снижает адгезионные свойства покрытия, ухудшает поверхностный рельеф детали. Количество образующихся капель можно снизить путем перемещения катодного пятна по поверхности распыляемой мишени. Контроль перемещения катодного пятна в процессе напыления осуществляют при помощи магнитных полей.

В процессе вакуумно-дугового напыления покрытий происходит нагрев подложек до температур порядка 400–450 °С, что неприемлемо для ряда материалов (ткань, пластик, нержавеющая сталь, стекло и др.), такие материалы называют термочувствительными.

В связи с этим, на практике для нанесения функциональных покрытий на термочувствительные подложки используют следующие способы снижения их температуры:

- непрерывное охлаждение подложки в процессе напыления. В данном случае необходимо обеспечить теплоперенос между подложкой и охладительным элементом в процессе напыления, т. е. установку следует оснастить активной системой охлаждения. Конструкция такой системы весьма сложна и требует больших затрат на ее реализацию;
- снижение тока дугового разряда или применение меньшего числа мишеней в процессе напыления. Это действие приводит к снижению производительности процесса напыления, что нежелательно;

– снижение напряжения смещения на подложке в процессе напыления или полное его отсутствие. Полученные, в результате такой модификации процесса, покрытия отличаются низкой плотностью, меньшей адгезией к основе и в целом худшими механическими свойствами;

– применение магнитных полей слабой напряженности или полное отсутствие магнитных полей в процессе напыления. В этом случае электрический потенциал будет ниже, а плазма более холодной, т. е. мощность будет ниже. Это позволит снизить нагрев подложки в процессе обработки. Однако, в таком случае, катодное пятно будет медленнее перемещаться по поверхности мишени, задерживаясь в каждой точке испарения на более длительное время, что приведет к образованию макрочастиц или капель.

Анализ существующих методов снижения температуры подложек во время формирования покрытий указывает на необходимость четкой проработки как самой технологии, так и возможных конструктивных решений, обеспечивающих охлаждение подложек. При этом следует обратить внимание, что предложенные решения не должны сказываться на качественных и эксплуатационных характеристиках изделий с покрытием, а также на производительности процесса их формирования.

### **Список использованных источников**

1. Ходосевич, Д. А. Вакуумно-дуговое нанесение покрытий / Д. А. Ходосевич; науч. рук. С. Д. Латушкина // Современные технологии в образовании: материалы международной научно-практической конференции (26–27 ноября 2015 г.): в 2 ч. / Белорусский национальный технический университет; гл. ред. Б. М. Хрусталёв. – Минск: БНТУ, 2015. – Ч. 2. – С. 314–316.