

УДК 621.793.06

## **Современные методы улучшения показателя равномерности толщины вакуумных покрытий**

**Ралло Ф. Н., магистрант**

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Комаровская В. М.*

Аннотация:

В данной статье рассматривается возможность повышения равномерности толщины формируемых покрытий вакуумными методами путем оптимизации конструкции вакуумной установки и технологических параметров процесса.

Покрытия, полученные с помощью вакуумной технологии в первую очередь должны обладать высокой адгезией к основе и равномерностью по толщине. Эти параметры покрытия зависят от: свойств материала покрытия и подложки, глубины вакуума, способа напыления покрытия, того насколько качественно проведен этап очистки, скорости напыления, используемой оснастки, а также от качества программного обеспечения.

В данной статье будет более подробно рассмотрено влияние конструкционных особенностей вакуумных установок на равномерность толщины получаемого покрытия.

Весьма важно чтобы процент колебания толщины покрытия стремился к минимальному значению, так как это обеспечивает более предсказуемые свойства этого покрытия: будет известно примерное время износа покрытия – если это защитное покрытие, не будет сильно изменяться геометрия получаемого изделия – для покрытий наносимых на детали с высоким значением допуска, есть возможность изготавливать сложные световые фильтры различной конфигурации – для оптических покрытий, уменьшается процент брака – для покрытий с помощью которых изготавливают электронные компоненты. На данный момент в мире хорошим процентом равномерности толщины покрытия является значение в 10 %. Таких показателей достигают в основном, используя сложные под-

ложкодержатели с планетарными механизмами и технические узлы предварительной очистки. Также свой вклад в получение равномерных по толщине покрытий вносит правильная настройка параметров технологического процесса: температура рабочей среды, используемый инертный газ и особенно скорость напыления. Даже незначительные улучшения этих параметров будут влиять на итоговое значение процента равномерности, без них результат может быть 40 % или даже 50 %, что крайне негативно скажется на экономическом аспекте такого производства.

Среди современных прогрессивных предложений по улучшению данного параметра качества покрытия есть следующая методика: постепенно улучшать процент равномерности покрытия используя все более тонкие настройки технологического процесса, а также некоторые конструкторские особенности. Изначально стоит обратиться к методу распыления – а именно к магнетронному. Данный метод подходит для получения большинства видов покрытий (за исключением сложных оптических), имеет высокую скорость распыления материала, большую выработку распыляемого материала (особенно если магнетрон цилиндрический), изначально хорошие показатели процента равномерности получаемого покрытия (около 20–30 %), однако такое устройство имеет высокую стоимость и требует бережной эксплуатации. На краях магнетрона магнитное поле – неравномерное, в следствии чего материал также распыляется неравномерно, а это уже влечет за собой неравномерность толщины получаемого покрытия. Чтобы устранить эту негативную особенность метода используют отсекатели, которые, собственно, отсекают площадь с которой идет неравномерное распыление. За правило можно принять факт: что чем больше магнетрон и чем меньше подложка – тем более равномерное получается покрытие. Далее немаловажный фактор – оснастка. Чем сложнее форма поверхности, на которую происходит напыление – тем сложнее должно быть движение, придаваемое оснасткой подложкам. Если подложки со сложной формой поверхности оставить в неподвижном состоянии, то покрытие получится крайне неравномерным из-за разного расстояния между поверхностью распылителя и подложкой. Конструктивные особенности оснастки и придаваемые ей подложкам движения зависят от формы поверхности подложек, но чаще всего это вращательные, планетарные или сканирующие меха-

низмы. Хорошо спроектированный механизм движения оснастки может улучшить на 10–15 % характеристику равномерности толщины получаемого покрытия.

Еще сильное влияние оказывает предварительная очистка и подготовка подложек к напылению. Одним из лучших методов внутрикамерной очистки является ионная обработка, которая осуществляется с помощью ионного источника. В нем огромную роль играют установленные в него магниты: чем более одинаковые у них магнитные поля (по показателям теслометра) – тем равномернее будет очистка, а это в свою очередь дает лучшую адгезию и, соответственно, равномерность. Еще желательно заложить в конструкцию установки нагрев подложек – это также положительно сказывается на качественных характеристиках покрытия. Нагрев можно обеспечить, используя тэны или инфракрасные лампы, или другие устройства. Данные улучшения позволяют поднять качество равномерности толщины покрытия на 5–10 %.

Последний способ оказать влияние на равномерность толщины получаемого покрытия – подстройка технологических параметров прямо во время процесса напыления используя различные датчики. Например, это могут быть кварцевые таблетки, которые будут менять частоту своего резонирования от количества напылившегося на них материала, или это может быть свидетель – специальная подложка, находящаяся среди других, через которую пропускается электрический ток и по результатам значения сопротивления можно регулировать скорость или время напыления. Таблетки можно расположить напротив магнетрона в нескольких местах, и в эти же места обеспечить подачу инертного газа. Если какая-то таблетка начинает запылиться быстрее остальных, то можно уменьшить подачу газа конкретно в эту область. Все это является уже тонкими настройками параметров, влияющих на характеристику равномерности толщины получаемого покрытия, без предыдущих технических улучшений сильного эффекта получить не удастся, с ними же есть возможность улучшить показатель равномерности толщины еще на 1–5 %.

Таким образом, используя все вышеперечисленные методы и технические улучшения, как конструкции вакуумной установки, так и технологических параметров вакуумной технологии можно до-

биться процента равномерности покрытия до значения в 2 %, что является крайне хорошим показателем в современных реалиях и позволит организовать высокопроизводительное и высокоэкономическое производство.

УДК 621.793.14

### **Метод импульсно-лазерного напыления в вакууме**

**Родькин Д. Г., студент**

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Комаровская В. М.*

**Аннотация:**

В данной статье рассмотрен метод импульсно-лазерного напыления покрытий в вакууме. Описаны преимущества и недостатки данного метода, а также рассмотрены способы устранения некоторых недостатков.

Импульсное лазерное напыление (ИЛН) – это контролируемый и управляемый процесс осаждения на поверхности подложки материалов, образованных в ходе взаимодействия лазерного импульса с мишенью в вакуумной камере при участии плазменного абляционного факела [1].

При импульсно-лазерной технологии формирования покрытий для испарения мишеней используются твердотельные или углекислотные лазеры. Основными технологическими параметрами, которые оказывают влияние на качественные и эксплуатационные характеристики получаемых покрытий являются: давление в вакуумной камере, расстояние от мишени до подложки, температура подложки и режим работы лазера в процессе напыления.

В большинстве работ к достоинствам метода получения покрытий импульсно-лазерным напылением относят одни и те же параметры, и факторы процесса, но существует и ряд отличий. Авторы работы [1] выделяют следующие преимущества ИЛН: высокая