

4. Контроль нанесённого покрытия.

Радиочастотный метод основан на измерении изменения частоты колебаний кварцевого кристалла при осаждении на нем плёнки напыляемого вещества.

Чувствительность метода в основном определяется стабильностью частоты измерительного кварцевого генератора и эталона частоты. Обычно чувствительность кварцевого резонатора $m/f = 10$ г/кГц. Используемые приборы при рабочей частоте 20 МГц дают возможность определить сдвиг частоты на 2 Гц, что позволяет измерять приращение массы 10-10 г/см. Поскольку кристаллы кварца чувствительны к изменениям температуры, а при напылении испарители выделяют значительное количество тепла, то необходимо применение системы охлаждения для датчиков. Диапазон измеряемых толщин для серийных приборов лежит в диапазоне от 10 до 10000 нм с точностью 10%.

УДК 621.793

Терещук О.И., Комаровская В.М.,
Латушкина С.Д., Гладкий В.Ю., Белоцкий А.П.
**АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ЭЛЕКТРОДУГОВОМ
ВАКУУМНОМ НАПЫЛЕНИИ**

БНТУ, Минск

Ввиду того, что традиционные «вычитающие» методы получения изделий сложной формы, такие как механическая обработка точением и фрезерованием, штамповка и другие являются материало-и энергозатратными, в последние 10-15 лет активно проводятся исследования для внедрения в производственный процесс методов производства изделий, которые получили обобщенное наименование аддитивных технологий.

Аддитивные технологии – это послойное построение заготовок или готовых изделий путем последовательного соединения между собой слоев одного и того же или разных материалов наплавкой или синтезом.

Существует несколько основных технологий создания деталей, основанных на принципе аддитивности.

Стереолитография (SLA или SL) – технология аддитивного производства моделей, прототипов и готовых изделий из жидких фотополимерных смол. Отвердевание смолы происходит за счет облучения ультрафиолетовым лазером или другим схожим источником энергии.

Метод послойной наплавки (FDM). Технология FDM подразумевает создание трехмерных объектов за счет нанесения последовательных слоев материала, повторяющих контуры цифровой модели. Как правило, в качестве материалов для печати выступают термопластики, поставляемые в виде катушек нитей или прутков.

Выборочное лазерное спекание (SLS) – метод аддитивного производства, используемый для создания функциональных прототипов и мелких партий готовых изделий.

Технология основана на последовательном спекании слоев порошкового материала с помощью лазеров высокой мощности. SLS зачастую ошибочно принимают за схожий процесс, называемый выборочной лазерной плавкой (SLM). Разница заключается в том, что SLS обеспечивает лишь частичную плавку, необходимую для спекания материала, в то время как выборочная лазерная плавка подразумевает полную плавку, необходимую для построения монолитных моделей.

Электронно-лучевая плавка (EBM) – метод плавки путём использования электронного пучка. Сам процесс EBM выполняется в камере с глубоким вакуумом.

Процесс послойного изготовления объектов из листового материала (LOM). Суть его в том, что изделие собирают из отдельных листов, вырезанных лазером, которые должны быть скреплены между собой.

Электронно-лучевая плавка является наиболее перспективным и незаслуженно малоиспользуемым аддитивным методом, подходящим для внедрения в технологические процессы, связанные с вакуумными технологиями. В частности, его можно с большим успехом использовать в вакуумно-плазменных электродуговых тонкопленочных покрытиях, о чем свидетельствуют следующие экспериментальные данные.

В ходе напыления электродуговым методом покрытия Ni-Al на сталь 3 выяснилось следующее. Электронно-лучевое оплавление упорядочивает кристаллическую структуру электродуговых покрытий, снижает пористость с 15% до 1% и ниже, выступая таким образом на одном поле с ионными источниками. Устраняются границы между слоями, отдельными частицами, в зоне соединения образуется диффузионная зона из твердых растворов и интерметаллидов. Прочность сцепления слоев с основой увеличивается в 15-20 раз по сравнению с исходным состоянием, износо- и коррозионная стойкость – в 2-3 раза. Данные эффекты достигаются за счет того, что при оплавлении покрытия пленки получившийся расплав перекристаллизуется, устраняются поры, дефекты структуры, уменьшается шероховатость, происходит скругление выступающих микронеровностей.

Хотя использование электронно-лучевой обработки тонких электродуговых пленок в общем и целом нельзя отнести к аддитивным технологиям в строгом понимании данного термина, однако, как было показано, использование некоторых элементов аддитивных методов в вакуумных технологиях, а именно электродуговом напылении, способно значительно улучшать характеристики исходных тонкопленочных покрытий.