

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМЕННОГО УСКОРИТЕЛЯ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ НАНОПОКРЫТИЙ НА БАЗЕ ВА- КУУМНОЙ УСТАНОВКИ МОДЕЛИ ВУ-1БС

БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

*Научный руководитель: член-корреспондент НАНБ,
доктор физико-математических наук Асташинский В.М.*

Современные требования к производственному оборудованию диктуют повышение работоспособности, износостойкости, устойчивости к максимальным нагрузкам, агрессивным средам применяемых материалов, инструментов, деталей машин и механизмов, технологиям.

Для качественного нанесения покрытий в вакуумной камере применяют различные технологические оснастки, которые обеспечивают качественное нанесение покрытий на инструмент.

Обрабатываемый инструмент должен равномерно со всех сторон покрыт износостойким покрытием, для этого его необходимо равномерно вращать относительно испарителей и обрабатываемый инструмент должен всегда находиться в оптимальной зоне плазменного потока от испарителя.

В настоящее время большинство всего металлорежущего инструмента изготавливаемого в мире, выпускается с нанесенными специальными износостойкими нанопокрывтиями, которые позволяют увеличить производительность и качество металлообработки, а также увеличить стойкость инструмента в 3-5 раз и более.

Одними из основных методов нанесения упрочняющих покрытий являются методы вакуумных ионно-плазменных покрытий. Качество наносимых этими методами нано-покрытий зависит от многих факторов:

-Качественной подготовкой обрабатываемых поверхностей;

-Правильно выбранных режимов нанесения упрочняющих покрытий;

-Надежной конструкцией вакуумного оборудования в целом;

-применение современных технологических источников с блоками питания;

-использования надежной и точной системы газонапуска;

-применение высококачественной и точной системы активного контроля наносимых нанопокровтий.

Наряду с традиционными технологиями покрытия из нитрида титана разработаны и освоены новые технологии и оборудование для получения покрытий из:

- нитридов циркония, хрома, молибдена, гафния, тантала;
- карбонатов нитрида титана;
- нитрида титана-алюминия;
- оксидов алюминия;
- алмазоподобные покрытия.

Конструкция плазменного ускорителя с сепарацией плазмы создана таким образом, чтобы плазменный поток получал ускорение под действием электромагнитных сил. Со стороны ускорителя катушка соединяется с корпусом ускорителя, служащего анодом, а с другой стороны соединяется с корпусом вакуумной камеры, также являющегося анодом для вакуумно-дуговой плазмы. Таким образом, катушка индуктивности включена последовательно в анодную цепь вакуумно-дугового разряда. Импульсный ток основного разряда плазменного ускорителя, протекающий через катушку создает магнитное поле, воздействующее на ионную и электронную составляющую потока плазмы. Источник постоянного напряжения, включенный между катодом ускорителя (минус источника) и корпусом сепаратора (плюс источника) создает поперечное электрическое поле по отношению к ионной составляющей потока плазмы. Намотка витков катушки осуществляется таким образом, что широкая сторона витков перпендикулярна оси катушки, это позволило уменьшить долю

макрочастиц в покрытии в результате уменьшения проникновения макрочастиц катода и в результате упругих столкновений с другими элементами. Увеличение диаметра катушки в направлении от ускорителя к вакуумной камере обеспечивает более равномерное распределение плотности плазменного потока на выходе сепаратора.

Использование стационарного плазменного ускорителя в отечественных вакуумных установках для нанесения нанопокровов обеспечивает равномерное осаждение покрытий, так же увеличивает адгезию на напыляемую деталь.

Габаритные и присоединительные размеры СПУ-М обеспечивают его установку на вакуумную камеру и подключение к источникам питания. Сепаратор плазмы выполнен отдельным узлом, устанавливаемым между плазменным ускорителем и фланцем вакуумной камеры. Вакуумные уплотнения обеспечивают предельное остаточное давление в вакуумной камере $1,33 \cdot 10^{-4}$ Па.

Установка вакуумная ВУ-1БС предназначена для нанесения тонкопленочных износостойких и декоративных покрытий тугоплавкими электропроводными материалами (титан, цирконий, молибден, тантал, ванадий, вольфрам), а также их соединений с газами (нитриды, карбиды) на изделия из пластмасс, стекла, керамики, мелкоразмерный инструмент, элементы силовой электроники, товары народного потребления. В состав установки входит откачной пост, агрегат форвакуумный, индикатор температуры, стойка управления и вакуумная камера. В камере располагается два испарителя, а так же имеется отверстие для крепления третьего испарителя, что позволяет внедрить в конструкцию вакуумной установки импульсный плазменный ускоритель. Время достижения предельного давления $2 \cdot 10^{-3}$ Па при разогретом диффузионном насосе и при охлаждении водяной ловушки, с поворотным устройством, без загрузки инструментом должно быть не более 15 мин.

Максимальная скорость осаждения покрытий 20 мкм/ч в условиях высокого вакуума, в то время как плазменный ускоритель повышает скорость осаждения на 30-50%.

При внедрении данного устройства в вакуумную установку ВУ-1БС повышается функциональность нанесения покрытий по сравнению с аналогами. В условиях отечественного производства вакуумных установок для нанесения нанопокрывтий данное решение позволяет расширить перечень наносимых материалов и улучшить качество покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зенин, Б.С. Современные технологии поверхностного упрочнения и нанесения покрытий: учебное пособие / Б.С. Зенин, А.И. Слосман.-2-е изд. – Т.: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 120 с.
2. Кудинов, В.В. Плазменные покрытия / Кудинов В.В. – М.: Изд-во Наука, 1977. – 184 с.

УДК 378

Юхновская А.В., Юхновская О.В.

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ

БНТУ, БГПУ, г. Минск, Республика Беларусь

Целью исследования является развитие интеграции математических понятий с физическим смыслом у студентов педагогических специальностей.

Остановимся подробнее на существующей связи и отношениях между понятиями физики и математики. Для начала объединим существенные признаки этих понятий, при этом выбрав за основу либо математический признак, либо физический признак, либо физико-математический признак. Такие понятия включают в себя количественную и качественную сущности некоторых явлений и процессов мате-