

**ПРОГРЕССИВНЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ ДЕТАЛЕЙ ОТ ИЗНАШИВАНИЯ И  
КОРРОЗИИ**

**Ренжин Ю.Б., Рыбинская Т.А.** (*кафедра механики, ТТИ ЮФУ, г. Таганрог, Россия*)

Одной из достаточно сложных проблем является защита изделий от воздействия внешней среды. Поэтому разработки по решению проблемы коррозионной защиты актуальны и требуют комплексного решения, начиная от разработки эффективных экологически безопасных антикоррозионных материалов и технологии их нанесения до разработки новых методов защиты деталей.

Одним из наиболее современных методов защиты деталей от изнашивания и коррозии является плазменное напыление покрытий. Плазменное напыление покрытий позволяет не только защищать детали от коррозии, но и позволяет восстанавливать их первоначальные размеры после долгой эксплуатации, а также этот метод применим и к декоративной обработке. Сущность плазменного напыления состоит в нанесении покрытия из отдельных частиц порошкового материала, нагретого и ускоренного с помощью высокотемпературной плазменной струи.

Эффект от плазменного напыления достигается за счет создания на поверхности изделия защитного покрытия, которое многократно повышает эксплуатационные свойства детали или восстанавливает первоначальный размер. Методом плазменного напыления создаются покрытия обладающие не только защитными, но и декоративными свойствами.

Технологический процесс плазменного напыления состоит из предварительной очистки (любым известным методом), активационной обработки (например, абразивно-струйной) и непосредственно нанесения покрытия путем перемещения изделия относительно плазматрона или наоборот. Скорость перемещения 2...30 мм/сек, расстояние между плазматроном и изделием 100...150 мм, диаметр пятна напыления 10...25 мм, толщина покрытия 0,05...1,0 мм. Температура нагрева деталей при плазменном напылении не превышает 100...150° С. В качестве порошкового материала, формирующего покрытие, используются различные материалы и сплавы, тугоплавкие соединения, оксиды, полимеры и их композиции. При нанесении покрытий из порошковых материалов большое значение имеет размер частиц наносимого материала. От гранулометрического состава исходного порошка зависит производительность процесса, свойства получаемого покрытия, а также сама возможность нанесения покрытия. Если крупные частицы недостаточно хорошо прогреваются, то прочность связи с подложкой намного ниже. Слишком мелкие частицы не обладают достаточной энергией для образования прочной связи с подложкой. Мелкий порошок не обладает хорошей сыпучестью и транспортировка его в плазматрон затруднена. Наиболее подходящими для плазменного напыления являются порошки с размером частиц 50-100 мкм. Перед применением порошки необходимо просушить и просеять. Исследованиями установлено, что сцепление покрытия с деталью в значительной мере зависит от температуры нагрева металлических частиц и скорости их полета в момент удара о поверхность. Скорость полета частиц, в свою очередь, зависит от скорости истечения плазмы, мощности дуги, вида и расхода плазмообразующего газа, формы и размеров каналов сопла, размера частиц порошка и других факторов. С увеличением расстояния между соплом плазматрона и поверхностью детали температура и скорость полета частиц понижается и ухудшается их сцепление. Для обеспечения нужного качества толщина

## ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

покрытия должна быть небольшой — до 1,5 мм. С ростом толщины покрытия в нем происходит увеличение внутренних напряжений, что снижает прочность сцепления слоя с подложкой. При восстановлении деталей, имеющих износ значительных по величине площадей, во избежание перегрева наносимого покрытия, прибегают к охлаждению детали струей сжатого воздуха, который подают либо через внутренние каналы детали, либо на уже сформировавшееся покрытие. В некоторых случаях, когда детали требуется придать повышенную износостойкость, а также увеличить прочность сцепления покрытия с поверхностью детали, производят оплавление покрытия. При этом расплавляются лишь наиболее легкоплавкие составляющие сплава, сама же деталь только нагревается. Оплавление покрытия обычно производят плазменной струей сразу же после нанесения слоя требуемой толщины.

Принцип плазменного напыления показан на рис. 1.

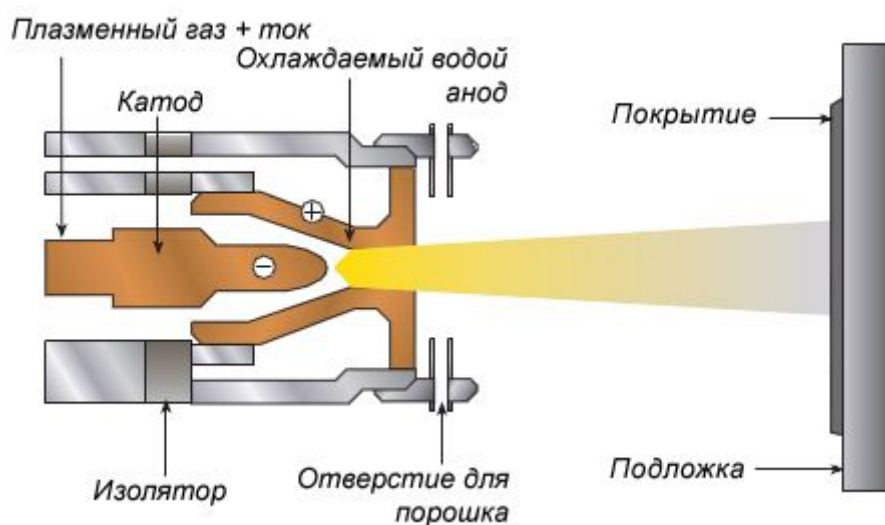


Рис. 1.

Данный процесс имеет следующие преимущества:

- высокий коэффициент использования порошка (до 85%), прочность сцепления покрытия с основой (до 60 МПа), низкая пористость;
- универсальность за счет получения покрытий из большинства материалов без ограничения их температур плавления;
- нанесение покрытия на изделия, изготовленные практически из любого материала;
- отсутствие ограничений по размерам напыляемых изделий;
- низкое термическое воздействие на напыляемую основу, что позволяет избежать деформаций, изменений размеров изделий, а также исключить нежелательные структурные превращения основного металла;
- нанесение покрытия на локальные поверхности;
- получение регламентированной однородной пористости покрытия для использования в условиях работы со смазкой поверхностей скольжения;
- эффективное управление энергетическими характеристиками напыляемых частиц и условиями формирования покрытия за счет гибкости регулирования параметров и режимов работы плазмотрона;

---

**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ПРОБЛЕМЫ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

---

- надежность и стабильность оборудования, высокий ресурс элементов плазмотрона, за счет оптимизации условий охлаждения и обеспечения плавного нарастания и падения тока;

- высокая производительность процесса.

Процесс плазменного напыления находит широкое применение в машиностроении (калибры, подшипники скольжения, гидроцилиндры, плунжера, шпиндели и валы, различные штампы, коленчатые валы, ступицы маховиков двигателя, валы водяных насосов и вентиляторов, головки цилиндров, поршневые кольца и т.п.).

Экономическая эффективность плазменного напыления определяется:

- повышением надежности и долговечности выпускаемой и используемой продукции как минимум в два раза;

- сокращением затрат на изготовление запасных частей, экономией металла;

- высвобождением работников, занятых на изготовлении запасных частей и восстановлении деталей;

- увеличением выпуска продукции на используемом оборудовании, вследствие сокращения простоев для замены изношенных деталей и аварийных ремонтов оборудования.

При плазменном нанесении покрытий на поверхности изделия формируется слой из частиц порошка, обладающих определенным запасом тепловой и электрической энергии, полученной в результате взаимодействия со струей дуговой плазмы. При плазменном нанесении металлических покрытий для расплавления и переноса порошка на поверхность детали используются тепловые и динамические свойства плазменной струи, которую получают нагревом плазмообразующего газа в электрической дуге, горящей между катодом и анодом плазменной горелки (плазмотрона).

Метод плазменного напыления относится к числу наиболее активно развивающихся направлений в области защитных покрытий. Он занимает место в группе промышленно развитых методов и характеризуется высокой универсальностью, производительностью, легкостью в автоматизации, высокой скоростью протекания физических процессов и др. Напыление может производиться как на малые поверхности изделий, так и на большие, практически без ограничения размеров поверхности. Использование плазмы позволяет создавать покрытия различного назначения (износостойкие, коррозионностойкие, теплозащитные, электроизоляционные и другие).

**Список литературы:** 1. ГОСТ 9.008-82. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Термины и определения (прил. А). 2. Хороших В.М. Формирование ионно-плазменных покрытий при пониженных тепловых потоках в зону конденсации // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Вакуум, чистые металлы, сверхпроводники. 1999. Вып. 2 (10). – С. 40 – 49. 3. Пузряков А.Ф. Теоретические основы плазменного напыления. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2008. – 360 с.