

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

**ФАРХОД ХАЙРУЛЛАУГЛИ САТТОРОВ**

*Помощник химика-технолога*

*Джизакский политехнический институт*

**Аннотация** В данной статье представлена информация о сущности процессов газотермического нанесения покрытия, формировании направленного потока дисперсных частиц материала, переносе их на поверхность обрабатываемой детали и формировании слоя покрытия.

**Ключевые Слова:** *материал, повышения пластичности, адгезионной способност, высокой температуры.*

Сущность процессов газотермического нанесения покрытий заключается в образовании направленного потока дисперсных частиц напыляемого материала, обеспечивающего перенос их на поверхность обрабатываемого изделия и формирование слоя покрытия. Покрытие создается за счет адгезии, возникающей при соударении частиц на поверхности основания. Напыляемые частицы могут представлять собой порошок или могут быть получены расплавлением и газовым дроблением исходного материала – проволоки, стержней, пластифицированной массы и т. д. Для разгона частиц применяют различные высокотемпературные газовые среды. Нагрев напыляемого материала проводят для повышения пластичности и адгезионной способности частиц. Газотермические покрытия, как и наплавочные, наносят с целью защиты поверхности от износа и высокой температуры, а также широко используют для восстановления нарушенной (в процессе производства или эксплуатации) геометрии изделия. Единой классификации способов газотермического напыления нет. Согласно стандарту ГОСТ 28076–89 газотермические покрытия делятся на классы по функциональному назначению и энергетическому признаку, поскольку

принципиальное отличие технологий газотермического напыления определяется видом источника энергии. Большинство способов газотермического напыления являются универсальными, так как позволяют наносить широкий спектр материалов. Материалы для напыления, в свою очередь, могут иметь различную форму (порошки, проволока, стержни). Поэтому классификацию технологий газотермического напыления, представленную на рис. 3.2, можно дополнить характеристиками материала для напыления. При газопламенном способе нанесения покрытий используется тепло, выделяющееся при сгорании горючих газов (ацетилена, пропанбутана, водорода, метана, природного газа и др.) в смеси с кислородом или сжатым воздухом (рис. 3.4). Температура продуктов сгорания горючих газов достигает 2000–3000 °С. Наивысшим удельным тепловым потоком обладает ацетилено-кислородное пламя, поэтому оно наиболее распространено. В зависимости от того, были или не были перемещены горючий газ с окислителем до подачи в зону горения, различают предварительно перемещенное и диффузионное пламя. Газ при вытекании в неограниченное пространство, заполненное воздухом или другим газом, образует струю, называемую факелом. Периферийные участки струи вовлекают в движение воздух или другой газ из окружающей среды. По мере увеличения движущей массы и снижения ее скорости сечение струи непрерывно увеличивается и вся струя приобретает форму расширяющегося конуса. Угол раскрытия струи примерно равен 25°. Порошок подают, как правило, вдоль оси факела пламени, вовнутрь его. Температура при использовании в качестве горючего газа ацетилена достигает 3200 °С, а скорость истечения 150–160 м/с. Попадая в струю, частицы порошка расплавляются или становятся высокопластичными и приобретают скорость 20–80 м/с. Скорость полета частиц порошка зависит от соотношения кислорода и горючего газа в смеси, расхода обдувающего газа, расстояния от среза сопла, расхода вводимого в пламя порошка, его плотности, гранулометрического состава и других факторов. Если при газопламенном процессе напыляемый материал имеет вид прутка или проволоки, то он подается

специальным электромеханическим приводом в центральное отверстие. В области 1 происходит образование капель расплава, которые переносятся струей сжатого воздуха к поверхности обрабатываемого изделия. К преимуществам газопламенного напыления покрытий относятся: 1) возможность получения покрытий из большинства материалов, плавящихся при температуре до 3000 °С без разложения; 2) достаточно высокая производительность процесса (до 8–10 кг/ч порошков самофлюсующихся сплавов) при высоком коэффициенте использования материала (более 95 %); 3) относительно низкий уровень шума и световых излучений, позволяющий работать оператору без дополнительных средств защиты; 4) легкость и простота обслуживания, невысокие стоимость и мобильность оборудования, что позволяет производить напыление на месте, без демонтажа изделий. Основными недостатками газопламенного способа напыления покрытий из порошковых материалов являются: 1) ограничение напыляемых материалов по температуре плавления (не более 3000 °С); 2) недостаточная прочность сцепления покрытий с основой; 3) высокая пористость покрытий, препятствующая их применению в коррозионных средах без дополнительной обработки; 4) невысокий коэффициент использования энергии газопламенной струи на нагрев порошкового материала (2–12 %). Плазменный способ является наиболее универсальным и технологичным процессом газотермического напыления. Нанесение покрытий заключается в формировании на поверхности детали (изделия, конструкции) слоя из частиц, обладающих определенным запасом тепловой и кинетической энергии, полученной в результате взаимодействия с плазменной струей. Температура плазменной струи достигает 5000–5500 °С, а скорость истечения 1000–1500 м/с. В плазменной струе частицы приобретают скорость 50–200 м/с. Скорость полета частиц зависит от их размера, плотности материала, силы тока дуги, природы и расхода плазмообразующего газа. Плазменные струи получают в специальных устройствах, называемых плазменными генераторами или плазмотронами (рис. 3.5). Плазмотрон состоит из водоохлаждаемых катода, анода и разделяющего их

изолятора. Плазмообразующий газ (аргон, азот высокой чистоты, гелий, водород и др.) подается в электрическую дугу, возбуждаемую между стержневым катодом и кольцевым анодом (соплом), нагревается и в виде плазменной струи вытекает из сопла. Распыляемый материал вводится в плазменную струю в виде порошка или проволоки за анодным пятном; возможен ввод в дугу с плазмообразующим газом. При плазменном напылении порошок вдувается транспортным газом в плазменную струю непосредственно через специальные отверстия плазмотрона. Проволока и прутки могут подаваться двумя способами. Преимуществами способа являются: 1) возможность получения покрытий из большинства материалов, плавящихся без разложения, без ограничения по температуре плавления; 2) возможность использования для образования струи дуговой плазмы газов различного рода: инертных (аргона, гелия), восстановительных (водорода) и окислительных (воздуха, азота), также аммиака, природного газа, водяного пара, что в сочетании с применением камер 79 с защитной средой (вакуумом) или защитных насадок позволяет регулировать свойства среды, в которой нагреваются и движутся частицы порошка; 3) возможность гибкого регулирования электрического и газового режимов работы плазмотрона, в том числе в процессе нанесения покрытия, что позволяет управлять энергетическими характеристиками напыляемых частиц и условиями формирования покрытия; 4) достаточно высокая производительность процесса: 3–20 кг/ч для плазмотронов с электрической мощностью 30–40 кВт и 50–80 кг/ч для плазмотронов мощностью 150–200 кВт; 5) довольно высокий коэффициент использования порошка (50...70 %), зависящий в основном от вида напыляемого материала. Недостатками плазменно-дугового способа нанесения покрытий в открытой атмосфере являются: 1) низкая для ряда условий эксплуатации прочность сцепления покрытий с подложкой; 2) высокая пористость получаемых покрытий, препятствующая их применению в коррозионных средах без дополнительной обработки; 3) невысокий коэффициент полезного использования энергии плазменной струи на нагрев порошка (2–8 %); 4) высокий уровень шума (110–130

дБ) и излучения; 5) относительно высокая стоимость оборудования и его стационарность. 3.1.3. Электродуговая металлизация Сущность процесса электрометаллизационного напыления заключается в плавлении проволоки электрической дугой и распылении расплавленного металла сжатым воздухом. При электродуговой металлизации (рис. 3.6) к проволокам из напыляемого материала 1 подается напряжение от источника постоянного сварочного тока и возбуждается электрическая дуга. В дуговой промежуток через сопло 2 подается сжатый воздух, который переносит расплавленный металл проволоки в виде мелких капель к поверхности обрабатываемого изделия. Изделие обычно находится на расстоянии 10–20 см от сопла металлизатора. Вместо сжатого воздуха иногда используют инертный газ аргон. Это позволяет избежать значительного окисления напыляемого материала и улучшить качество покрытия.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Буткевич Михаил Николаевич, Пузряков Анатолий Филиппович, Белокуров Владислав Николаевич Газотермические методы напыления для оборудования предприятий бытового обслуживания // Сервис в России и за рубежом. 2014. №4 (51). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gazotermicheskie-metody-napyleniya-dlya-oborudovaniya-predpriyatij-bytovogo-obsluzhivaniya>

2. Ivanov, V.A., and Rashkin, V.V. Nekotorye voprosy teorii zatochki nozhei strogal'nykh mashin [An issues of shaving-machine knife sharpening]. Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy [Electrical and information systems and systems]. 2010. № 1. pp. 41—44.

3. Ivanov, V.A., and Rashkin, V.V. Analiz parametrov zatochnykh sistem dlia obrabotki kozhevennykh materialov [Analysing the parameters of leather-preparation-shaving-machine sharpening systems]. Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy [Electrical and information systems and systems]. 2010. № 1. pp. 45—50.

4. Puzriakov, A.F. Teoreticheskie osnovy tekhnologii plazmennogo napyleniya [Theoretical foundations of plasma coating]. Moscow: MGTU im Baumana Publ., 2003.