

Литература

1. Кессон для ремонта подводных трубопроводов. Патент. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/234/2342492.html>. Дата обращения: 14.02.2016.
2. Камера для ремонта подводных газопроводов. URL: <http://www.rotorcom.ru/production/non-standard/kesson>. Дата обращения: 10.02.2016.
3. Технология: подводная камера (кессон) для ремонта подводного перехода газопровода и нефтепровода. URL: <http://www.yarpodvodnik.ru/pages/tech/kesson.html>. Дата обращения: 10.02.2016.
4. Технические средства ремонта подводных нефтепроводов / Лышенко Л.З., Билярина О.М. – М.: ВНИИ ОЭНГ, 1986. – 45 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ ПРИ ВОСТАНОВЛЕНИИ ИЗНОШЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

В. А. Лосев

Научный руководитель, доцент А. В. Веревкин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Некоторые детали и узлы современных машин и аппаратов работают в таких условиях, при которых они должны быть одновременно механически прочными и стойкими при воздействии на них высоких температур, химически агрессивных сред и др. Выполнять такие изделия из одного материала почти невозможно и экономически нецелесообразно. Гораздо выгоднее и проще изготовить деталь, например, из конструкционной стали, удовлетворяющей требованиям механической прочности, и покрыть ее поверхность более дорогим жаропрочным, износостойким или кислотоупорным сплавом. Используя в качестве защитных покрытий различные по составу металлические и неметаллические материалы, можно придавать деталям в целом требуемые механические, тепловые, диэлектрические и другие свойства. Наиболее универсальными и совершенными методами нанесения защитных покрытий являются наплавка и напыление плазменной дугой [1].

Суть применения плазменной наплавки достаточно проста. Для покрытия используется материал в виде проволоки либо гранулированного мелкого порошка, который подается в струю плазмы, где он сначала нагревается, а затем расплавляется. Именно в расплавленном состоянии защитный материал и попадает на деталь, подвергаемую наплавке. В то же самое время происходит и ее непрерывный нагрев [2, 3].

Основные задачи, выполняемые плазменной наплавкой это упрочнения изделий, которые подвергаются постоянным высоким нагрузкам, предохранения от износа и ржавления элементов запорно-регулирующей и запорной газовой арматуры, защиты от негативного влияния высоких температур, вызывающих преждевременный износ изделий, используемых стекловыми предприятиями [4].

Преимущества методов плазменного нанесения покрытий перед другими (гальваническим, вакуумным, кислородно-ацетиленовым и др.) заключаются в следующем [5]:

1. Высокая температура плазменного потока позволяет расплавлять и наносить самые тугоплавкие материалы.
2. Поток плазмы дает возможность получать сплавы различных по свойствам материалов или наносить многослойные покрытия из различных сплавов. Это открывает широкую возможность получения покрытий, сочетающих разнообразные защитные свойства.
3. Возможность получения толщины наплавляемого слоя от 0,1 мм до нескольких миллиметров.
4. Возможности этого способа не ограничены формой и размерами обрабатываемого изделия.
5. Плазменная дуга - наиболее гибкий источник нагрева, позволяющий в широких пределах регулировать его энергетические характеристики.

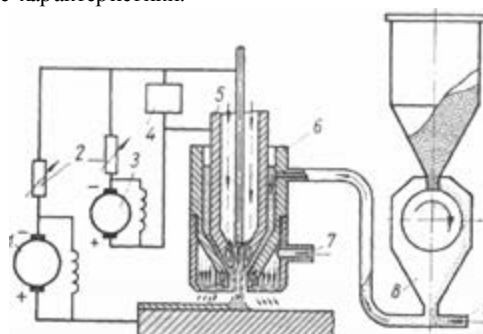


Рис. 1. Плазматрон комбинированного действия: 1 – источник питания дуги прямого действия; 2 – балластные сопротивления; 3 – источник питания дуги косвенного действия; 4 – осциллятор; 5 – сопло для ввода защитного газа; 6 – корпус горелки; 7 – отверстие для ввода защитного газа; 8 – питатель для подачи порошка; 9 – трубка, по которой подается газ, несущий порошок

Для плазменной наплавки наиболее широко применяется плазмотрон комбинированного действия (см. рис. 1). При горении независимой дуги такого плазмотрона между вольфрамовым электродом и соплом происходит расплавление присадочного металлического порошка, а при горении дуги между электродом и изделием поверхность последнего нагревается, и обеспечивается сплавление присадочного и основного металла.

Использование комбинированной плазменной дуги позволяет получить минимальную глубину проплавления и долю основного металла в составе наплавленного, что является важнейшим технологическим преимуществом плазменной наплавки по сравнению с другими способами наплавки. Защита наплавляемого слоя от воздействия окружающей среды обеспечивается потоком инертного газа, окружающим дугу и подаваемым в наружное сопло плазмотрона. Присадочный порошок подается также инертным транспортирующим газом из специального порошкового питателя [6].

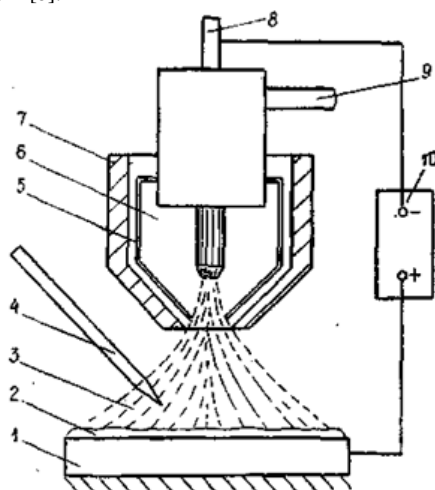


Рис. 2. Схема плазменной наплавки: 1 – изделие; 2 – наплавка; 3 – плазменная струя; 4 – присадочный материал; 5 – сопло, формирующее плазменную струю; 6 – защитный газ; 7 – сопла для защитного газа; 8 – вольфрамовый электрод; 9 – охлаждающая вода; 10 – источник питания

С помощью плазменной наплавки металлическим порошком можно получить жаростойкие и наиболее износостойкие покрытия из сплавов на основе никеля и кобальта. Этот способ позволяет получить тонкий равномерный слой покрытия с гладкой беспористой поверхностью, часто не требующей дополнительной механической обработки. При плазменной наплавке токоведущей присадочной проволокой дуга горит между катодом плазмотрона и проволокой, являющейся анодом, равномерно подаваемой в пространство между соплом и изделием. При таком способе обеспечивается более высокая производительность процесса наплавки при малой глубине проплавления основного металла, однако возможности получения тонкого и равномерного слоя при таком способе наплавки ограничены. Кроме того, применение присадочного материала в виде порошка позволяет использовать для наплавки практически любые сплавы, что трудно осуществить при использовании проволоки в качестве присадочного материала.

При плазменной наплавке в качестве плазмообразующего, защитного и транспортирующего газов обычно используется аргон. Расход газа и диапазон рабочих токов и напряжений при наплавке примерно тот же, что и при плазменной сварке. В отличие от наплавки процесс напыления характеризуется большей концентрацией теплового потока и высокой скоростью течения плазменной струи. Появление этого отличия связано с тем, что при плазменном напылении в качестве материалов покрытия применяются тугоплавкие металлы (вольфрам, молибден, тантал и др.) или окислы металлов (Al_2O_3 , MgO , ZrO_2), силициды ($MoSi_2$), карбиды (B_4C , SiC), бориды (ZnB_2 , HfB_2), т. е. неметаллические материалы, обладающие весьма высокой температурой плавления. Эти материалы, приготовленные в виде мелкогранулированного порошка (размеры частиц 40-70 мкм), проходя через плазменную струю, успевают нагреться в основном лишь до пластического состояния. Однако благодаря высокой скорости плазменной струи частицы порошка приобретают значительную кинетическую энергию и при соударении с напыляемой поверхностью расплюсчиваются, внедряясь в нее и заполняя неровности. При этом кинетическая энергия частиц выделяется в виде тепла, температура их повышается, что обеспечивает прочное сцепление частиц между собой и с поверхностью изделия.

Для напыления используется плазменная дуга косвенного действия, горящая между охлаждаемыми водой вольфрамовым катодом и медным соплом (анодом) и выдуваемая через сопло в виде плазменного факела.

Схема плазмотрона для напыления показана на рис. 1. На досопловом и внутрисопловом участках плазмотрона происходит плазмообразование. Порошок вместе с транспортирующим его газом подается в небольшое отверстие вблизи выхода из сопла, т. е. вдувается в наиболее высокотемпературную область плазменной струи. Нагрев

порошка происходит на участке, который начинается от анодного пятна и заканчивается факелом плазмы.

Эффективность нагрева частиц порошка определяется временем их пребывания в плазме, т. е. расстоянием от среза сопла до изделия и мощностью плазменной струи. Повышение мощности может быть достигнуто при

использовании двухатомных газов с высоким теплосодержанием, например N_2 и H_2 .

Благодаря высокой теплопроводности водорода увеличивается длина высокотемпературной части факела, что дает возможность повысить температуру порошка за счет некоторого удаления плазматрона от обрабатываемого изделия. Однако скорость плазменной струи с удалением от среза сопла понижается. Поэтому следует выдерживать оптимальное расстояние от среза сопла до поверхности изделия, величина которого зависит от параметров режима напыления, от материала покрытия и изделия и изменяется от 4 до 20 мм. Мощность плазматрона, используемого для напыления, можно повысить также при увеличении длины досоплового и внутрисоплового участков столба дуги, однако при чрезмерном увеличении внутрисоплового участка столба дуги затрудняется возбуждение дуги, обычно производимое с помощью высокочастотного пробоя. Увеличение длины канала сопла свыше определенного предела приводит к явлению шунтирования столба дуги и снижению к.п.д. плазматрона. Обычно в плазматронах для напыления диаметр сопла составляет 5-6 мм, длина досоплового участка – 4-8 мм, а длина канала сопла – 10-18 мм. Повышение мощности плазматрона за счет увеличения тока дуги ограничивается стойкостью сопла (анода). При эрозии сопла появляется не только опасность его разрушения, но и возможность загрязнения напыляемого материала, что может резко ухудшить качество покрытия. В плазматронах для напыления вращение анодного пятна по внутренней стенке сопла создается либо с помощью вихревой системы ввода рабочего газа, либо с помощью магнитного поля, образуемого катушкой постоянного тока, надетой на сопло. При использовании водорода в качестве рабочего газа с целью уменьшения величины теплового потока, направленного от дуги к соплу, водород применяют в смеси с аргоном, обеспечивающим тепловую изоляцию сопла от столба дуги.

Обычно в плазматронах для напыления ток не превышает 400 а, напряжение при использовании азота и смеси водорода с аргоном в зависимости от их расхода изменяется в пределах 60-100 в. Таким образом, мощность не превышает 40 квт. При этом производительность процесса напыления в зависимости от материала покрытия составляет 2-3 кг/ч. Качество обработки поверхности при плазменном напылении определяется максимальной прочностью сцепления материала покрытия с изделием и минимальной пористостью покрытия. Высокое качество покрытия обеспечивается при соответствии физических свойств материалов, например, в случае близости значений их коэффициентов теплового расширения. Повышение качества достигается при тщательной подготовке поверхности изделия перед процессом (обезжиривание, пескоструйная обработка, сушка и др.) и правильном выборе параметров режима напыления [7, 8, 9, 10, 11].

Заключение. Плазменная наплавка – инновационный метод нанесения на поверхность изношенных изделий специальных покрытий с высоким показателем износостойкости. Объясняется это тем, что возможно наплавления различных износостойких материалов (медь, латунь, пластмасса) на стальную деталь, относительно высокий КПД дуги (0,2 ... 0,45), малое (по сравнению с другими видами наплавки) перемешивание наплавленного материала с основой, что позволяет достичь необходимых характеристик покрытий.

Литература

1. Мorigаки О., Хасуи А. Наплавка и напыление. – Москва: Машиностроение, 1985.
2. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. – М.: Машиностроение, 1987. – 192 с.
3. Вайнерман А.Е., Шоршоров М.Х., Веселков В.Д., Новосадов В.С. Плазменная наплавка металлов – Л.: Машиностроение, 1969. – 192 с.
4. Карасев М.В., Клубникин В.С., Масленников В.М., Тополянский П.А. Способ плазменного напыления покрытий // Положительное решение на заявку № 4698232/26, кл. С 23 с 4/00, заявл. 31.03.89.
5. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления // учебное пособие, 2003.
6. Универсальная плазменная установка для напыления // Сварочное производство. 1984. – № 6. – С. 38-39.
7. Костиков В. И., Шестерин Ю. А. Плазменные покрытия. М.: Металлургия, 1978. – 160 с.
8. Сидоров А. И., Никитин А. С. Восстановление плазменной наплавкой коленчатых валов ЯМЗ-238НБ//Сварочное производство. – № 11, 1985.
9. Г.М. Русев, В.В. Овсянников, С.М. Киселев, Н.Ф. Галюк Технология восстановления и упрочнения наружные и внутренних поверхностей тел вращения и плоских поверхностей плазменным напылением // Автоматическая сварка. – 2000. – №12. – С.61-62
10. Быховский Р. Г. Плазменная обработка металлов на ленинградских предприятиях // Сварочное производство. – № 10, 1983. – 36 с.
11. Тополянский П.А. Высокоэффективные плазменные технологии нанесения покрытий // Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций. Материалы 4-й Всероссийской практической конференции 16-18 апреля 2002 г., Санкт-Петербург, 2002 – С. 50-55.

К ВОПРОСУ О МОДЕЛИ ИСТЕЧЕНИЯ БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ ИХ ГАЗОПРОВОДА В РАМКАХ МЕТОДОВ ПОДОБИЯ

Льонг Ван Фо, Ву Конг Ханг

Научный руководитель, профессор С. Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время теория подобия и ее методы широко используется для обобщения экспериментальных данных и общего анализа физических явлений. С помощью этой теории физические величины можно объединять в безразмерные комплексы, представляющие отношения механизмов переноса между взаимодействующими переменными в рассматриваемых явлениях.