

УДК 621.78

## ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

**Д.Х. Бафоев**

Бухарский инженерно-технологический институт

### АННОТАЦИЯ

Статья посвящена интенсивно развивающимся технологиям плазменной обработки металлов и сплавов – наплавке слоев со специальными свойствами, упрочнению поверхности, напылению порошковых покрытий. Рассмотрены особенности и закономерности плазменных технологий; вопросы устойчивости процессов и стабильности качества продукции; возможности и примеры применения различных плазменных технологий.

**Ключевые слова:** плазма, наплавка, металл, сплав, порошок, параметры режима, полярность.

### ABSTRACT

The article is devoted to the rapidly developing technologies of plasma processing of metals and alloys - surfacing layers with special properties, surface hardening, spraying powder coatings. The features and patterns of plasma technologies are considered; issues of process sustainability and product quality stability; possibilities and examples of application of various plasma technologies.

**Keywords:** plasma, surfacing, metal, alloy, powder, mode parameters, polarity.

### ВВЕДЕНИЕ

Плазменные технологии резки металлов и сплавов и напыления покрытий в промышленности уже заняли достаточно прочные позиции. Находят все более широкое применение другие бурно развивающиеся плазменные технологии - сварка, наплавка слоев со специальными свойствами, упрочнение поверхности. Часто эффективному использованию плазменных технологий препятствует недостаток систематизированной информации о закономерностях и возможностях соответствующих технологических процессов, что затрудняет выбор оптимальной технологии для решения конкретных производственных задач, назначение режимов обработки, прогнозирование результатов.

Наиболее высокую экономичность технологических процессов, гибкость и маневренность производства, минимальное загрязнение окружающей среды

обеспечивают плазменные технологии, использующие в качестве рабочего инструмента электродуговые плазмотроны, что в итоге дает максимальный технический и экономический эффект.

### **Постановка решаемой задачи и проблем.**

Сущность процесса плазменной наплавки состоит в нанесении покрытия из расплавленного присадочного порошкового или проволочного материала на металлическую поверхность с использованием в качестве источника нагрева сжатой дуги, горящей между электродом плазмотрона и изделием. Основной целью плазменной наплавки является изготовление новых деталей и изделий со специальными износ- и коррозионностойкими свойствами поверхности, а также восстановление размеров изношенных и бракованных деталей за счет нанесения покрытий, обладающих высокой плотностью и прочностью сцепления с изделием, работающих в условиях высоких динамических, знакопеременных нагрузок, подверженных абразивному, коррозионному, высокотемпературному или иному воздействию.

Тип наплавленного металла выбирается, прежде всего, с учетом условий эксплуатации рабочих поверхностей наплавливаемых деталей. От свойств основного и наплавливаемого материала, сечения, габаритов и конфигурации обрабатываемых изделий и ряда других факторов зависит выбор оптимального технологического процесса и режима наплавки.

### **Анализ эксперимента и полученных результатов.**

Наиболее широкое применение процесс плазменной наплавки нашел для нанесения покрытий типов D, F, G, H, N, Q, P, а также, медно-никелевых сплавов, алюминиевых бронз и др. Это обусловлено тем, что по сравнению с аналогами - газопламенной и электродуговой наплавкой в среде углекислого газа и аргона данный процесс имеет преимущества: минимальная доля основного металла в наплавленном, возможность обеспечения необходимого состава, структуры и свойств уже в первом слое металла наплавки; высокая стабильность и устойчивость дуги; незначительный припуск на последующую механическую обработку; высокая производительность наплавки; увеличенный зазор между изделием и соплом плазмотрона снижает требования к точности его поддержания, облегчает наблюдение за наплавкой и обеспечивает свободу маневра с присадочным материалом; минимальный износ вольфрамового электрода; возможность ведения процесса на постоянном токе обратной

полярности повышает качество и стабильность свойств наплавленного слоя за счет эффекта катодной очистки, проявляющегося в удалении оксидных и адсорбированных пленок и в улучшении смачивания жидким металлом обрабатываемой поверхности, возможность более низкого тепловложения по сравнению с наплавкой на токе прямой полярности; при наплавке порошковыми материалами получение наплавленного металла практически любого типа из относительно небольшой номенклатуры исходных порошков (путем их смешивания), точно заданная глубина проплавления и толщина покрытия, высокая равномерность по толщине слоя; возможность процесса наплавки деталей малых размеров, малые остаточные напряжения и деформации; высокий уровень механизации и автоматизации технологического процесса.

По мощности и производительности плазменно-порошковую наплавку условно можно разделить на три варианта [2]: микроплазменная наплавка (на токах менее 100 А), плазменная наплавка на токах от 100 до 300 А и плазменная наплавка высокой мощности (на токах более 300 А).

Универсальность процессов плазменной наплавки обеспечивается большим количеством регулируемых параметров.

Основные параметры режима: полярность дуги, величина тока, диаметр плазмообразующего сопла, скорость перемещения (в том числе скорость и вид поперечных колебаний), расход плазмообразующего газа, расстояние от среза сопла до изделия.

Дополнительные параметры: расход защитного газа, расход транспортирующего газа, скорость подачи или расход присадочного материала, геометрические размеры и расположение рабочих элементов плазмотрона (электрода, плазмообразующего и защитного сопла и др.), состояние обрабатываемого изделия (температура, состояние поверхности, положение в пространстве, точность и жесткость закрепления), взаимное расположение плазмотрона, изделия и устройства подачи материала, точность сохранения всех

установленных параметров, включая точность позиционирования плазмотрона в пространстве.

**Отрасль применения полученных результатов.** В таблице 1 [3] приведен пример влияния параметров режима на отдельные характеристики наплавки.

**Таблица 1.**

**Влияние режимов наплавки на твердость наплавленного слоя**

Порошок	Число слоев	I, А	V <sub>н</sub> , м/ч	P, кг/ч	Глубина проплавления, мм	Высота наплавки, мм	Твердость HRC
ПР-Н70Х17С4Р4	1	100	6	3,2	-	4,6	58
ПР-Н70Х17С4Р4	1	145	6	3,2	4,5	3,1	41
ПР-Н70Х17С4Р4	1	100	11	3,2	-	6,2	60
ПР-Н70Х17С4Р4	1	145	11	3,2	1,4	1,8	46

При наплавке сплавов на основе никеля и кобальта большое влияние на их свойства оказывает доля участия основного металла в наплавленном. При глубоком проплавлении основного металла возможно заметное снижение твердости.

При наплавке на прямой полярности эффективную мощность  $Q_{\text{э}}$  и эффективный радиус  $R_{\text{q}}$  сжатой дуги можно определить как:

$$Q_{\text{э}} = (0,5 \dots 0,55)I_{\text{д}}U_{\text{д}}, \quad R_{\text{q}} \approx 1,4d_{\text{с}}$$

где  $I_{\text{д}}$  и  $U_{\text{д}}$  – ток и напряжение сжатой дуги;  $d_{\text{с}}$  – диаметр плазмообразующего сопла при  $d_{\text{с}} = 2 \dots 6$  мм.

Плазменная наплавка обладает такими важными преимуществами, как высокая производительность, широкая возможность легирования слоев наплавки, большой диапазон регулирования ввода теплоты в основной и наплавочный металлы, возможность применения любых наплавочных металлов.

**ВЫВОДЫ**

Таким образом, перечисленные положительные стороны способов плазменной наплавки не только существенно расширяют технологические возможности их применения, но и позволяют получать значительный экономический эффект за счет наплавки слоев с минимальной глубиной проплавления и сохранения первоначальных физико-механических свойств при меньшем количестве наплавленного металла; изготовления деталей из

низкоуглеродистых сталей с поверхностями, упрочненными твердыми сплавами, вместо дорогих легированных сталей; применения износостойких порошковых сплавов, повышающих срок службы наплавленных деталей; уменьшения припуска на механическую обработку.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ: (REFERENCES)**

1. Bafoev D.Kh. Finishing and Hardening Treatment of the Outer Surfaces of the Part with Promising Methods of Ultrasonic Treatment. Miasto Przyszłości. Kielce 2022. Impact Factor: 9.2 29.10.2022.  
<https://miastoprzyszlosci.com.pl/index.php/mp/article/view/705/649>
2. Bafoev D.Kh. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. Available Online at  
<http://www.warse.org/IJETER/static/pdf/file/ijeter998102020.pdf>.
3. Тополянский П. А. Плазменно-дуговая наплавка эффективный метод получения специальных свойств поверхностей и восстановления изношенных размеров деталей. // Промышленный вестник, 2000, №1-2, с. 17.