

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

В.С. Киселёв¹, А.И. Щёткин¹, М.В. Радченко¹, А.В. Селиванов²

¹Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

²ООО «Алтайтехносервис», г. Барнаул

В данной статье представлены различные конструктивные варианты исполнения горелок для СГП-наплавки, разработанные коллективом авторов. Рассмотрены аналоги разработанного оборудования. Достигнуто сочетание рациональных расчетных характеристик горелки, обеспечивающее возможность промышленного применения процесса СГП-наплавки.

Ключевые слова: Сверхзвуковая газопорошковая наплавка, разработка и изготовление газопламенного оборудования, автоматизации процесса наплавки.

EQUIPMENT IMPROVEMENTS FOR SUPERSONIC GAS-POWDER CLADDING MULTIFUNCTIONAL COATINGS

V.S. Kiselev, A.I. Shchetkin, M.V. Radchenko, A.V. Selivanov

¹The Altai state technical university of I.I. Polzunov, Barnaul

²LLC «Altai`tekhnoservis», Barnaul

This article presents various design options burner performance for supersonic gas-powder cladding, designed by a team of authors. We consider analogues designed equipment. Reached the combination of rational design characteristics of the burner, providing the opportunity of industrial applications supersonic gas-powder deposition process.

Keywords: supersonic gas-powder cladding, development and production of flame equipment, automation welding process.

При эксплуатации в жестких условиях и агрессивных внешних средах рабочие части машин, узлов и устройств испытывают механические и температурные перегрузки, что приводит к их дальнейшей неработоспособности и выходу из строя. При этом увеличивается риск возникновения техногенных аварий и катастроф.

В связи со сложившейся экономической ситуацией и активной политикой импортозамещения, актуальной задачей является усовершенствование установки для сверхзвуковой газопорошковой наплавки (СГП-наплавки), разработанной коллективом кафедры МБСП АлтГТУ и разработка методики нанесения защитных упрочняющих покрытий с применением усовершенствованной конструкции оборудования. Способ сверхзвуковой газопорошковой наплавки сочетает конструктивные преимущества зарубежных аналогов для напыления и возможность применения порошковых сплавов отечественного производства, и при этом обеспечивает образование различных видов многофункциональных покрытий (износостойких, термостойких и др.) для повышения эксплуатационных характеристик узлов

и механизмов ответственных конструкций машиностроительного комплекса, подводомственных Ростехнадзору.

Аналогами разработанного оборудования являются зарубежные установки высокоскоростного газопламенного напыления HVOF (High Velocity Oxygen Fuel): Tafa-Praxair (США), Sulzer Metco (Швейцария), которые предназначены для высокоскоростного газопламенного напыления.

Покрытия при использовании передовой технологии HVOF позволяют достичь лучших характеристик покрытий по сравнению с другими процессами напыления [1]:

1. Высокая плотность. Так, покрытия имеют пористость 2%, а в некоторых случаях 0,5%.

2. Высокая адгезионная прочность. Карбидные покрытия, полученные способом HVOF, имеют предел прочности 69 МПа. Покрытия, полученные способом HVOF, имеют адгезионную прочность выше, чем при использовании плазменной струи.

3. Оптимальная твердость. Микротвердость покрытия на основе кобальта с 12% карбида вольфрама составляет 1100 – 1350 МПа по Виккерсу.

4. Более высокая толщина покрытия. Возможно получение покрытия более высокой толщины, чем достигается при плазменном напылении. Эти высокие значения толщины достигаются за счет высокой скорости частиц, которые напыляются на предыдущие слои покрытия. Некоторые покрытия на основе карбида вольфрама могут иметь толщину более 6.4 мм.

5. Остаточное напряжение. Остаточное сжимающее напряжение остаток сжимающих усилий и в некоторых случаях низкое остаточное растягивающее напряжение и растяжимость, увеличивают усталостные пределы покрытия уменьшая восприимчивость к излому и увеличивая предел толщины покрытия.

В процессе HVOF обеспечивается эффективное горение газообразного или жидкого топлива в кислороде для достижения высокой

кинетической энергии с управляемыми температурами. Материал напыляемого порошкового сплава равномерно нагревается высокотемпературным газовым потоком. Пламя и порошок ускоряются воздушным наконечником с целью достижения газовым потоком сверхзвуковой скорости и ускорения частиц с целью более качественного сцепления их с основой.

Порошковые частицы внедряются в основу и при охлаждении закрепляются, что формирует слой покрытия.

Высокие скорости частиц, равномерное нагревание и низкое время затвердевания, обеспечивают высокую плотность и адгезионную прочность покрытия. [1]

Несмотря на очевидные преимущества недостатками описанного выше процесса высокоскоростного газопламенного напыления HVOF являются относительно низкая адгезионная прочность сцепления покрытия с основой, необходимость использования дорогостоящих зарубежных порошков для напыления сверхмалых фракций, высокая стоимость оборудования и его обслуживания.

Горелка для СГП-наплавки с использованием сжатого воздуха



Рисунок 1 – Экспериментальная горелка в разобранном виде



Рисунок 2 – Экспериментальная горелка в сборе

Отличительной особенностью сверхзвуковой газопорошковой наплавки является применение самофлюсующихся сплавов на основе никеля, содержащих хром, бор и кремний фракцией от 50 до 100 мкм, которые позволяют в разы увеличить износостойкость поверхностей оборудования при снижении себестоимости покрытий в 2-3 раза по сравнению с зарубежными аналогами.

В течение последних десяти лет коллективом авторов разработаны различные конструктивные варианты исполнения горелок.

Подачу потоков горючего газа (пропан) и окислителя (сжатый воздух) в камеру сгорания и подачу сжатым воздухом порошкового сплава в смесительный патрубок производят

одновременно. Камера сгорания и узел смешения продуктов сгорания сжатых газов с порошковым сплавом образованы внутри жаровой трубы перед соплом. Наконечник выполнен составным из втулки и удлинителя, между которыми установлен набор регулировочных колец. Система охлаждения – жидкостная с принудительной циркуляцией воды по замкнутому контуру [2].

Наконечник (сопло - М5) установки для наплавки в вертикальном положении

Сопло выполнено в цельнометаллическом корпусе с медными трубками для водяного охлаждения (впаянными в корпус), а также съемным защитным щитком.



Рисунок 3 – Сопло М5 установки для СГП-наплавки

Характерными особенностями данного сопла являются вертикальное положение установки при нанесении защитных покрытий, применение пропана в качестве горючего газа и кислорода в качестве окислителя, жидкостное охлаждение и использование тарельчатого питателя для подачи порошкового сплава..

3. Горелка с соплом М5 для сверхзвуковой газопорошковой наплавки в горизонтальном положении

Горелка получила ряд конструктивных особенностей и усовершенствований на основании ранее представленных прототипов, за счет которых были учтены все недочеты, позволившие максимально добиться требуемых режимов и свойств. Преимущества разработанной конструкции: более равномерное охлаждение корпуса, стабильная радиальная подача порошкового сплава в процессе наплавки на горизонтальные поверхности.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Сверхзвуковая газопорошковая струя, получаемая на этой установке, имеет требуемые технологические характеристики: стабильность

процесса горения, высокая теплотворная способность, стабильные спектральные характеристики, и другие физические параметры [3, 4].



Рисунок 4 – Горелка (сопло M5) в разобранном виде

С целью увеличения производительности и получения новых технологических режимов в настоящее время ведется разработка горелки для СГП – наплавки, позволяющей

выйти на новый уровень нанесения высококачественных покрытий (рисунок 5). Горелка разрабатывается с учетом передовых мировых разработок (компаний Tafa, Praxair, Sulzer Metco).

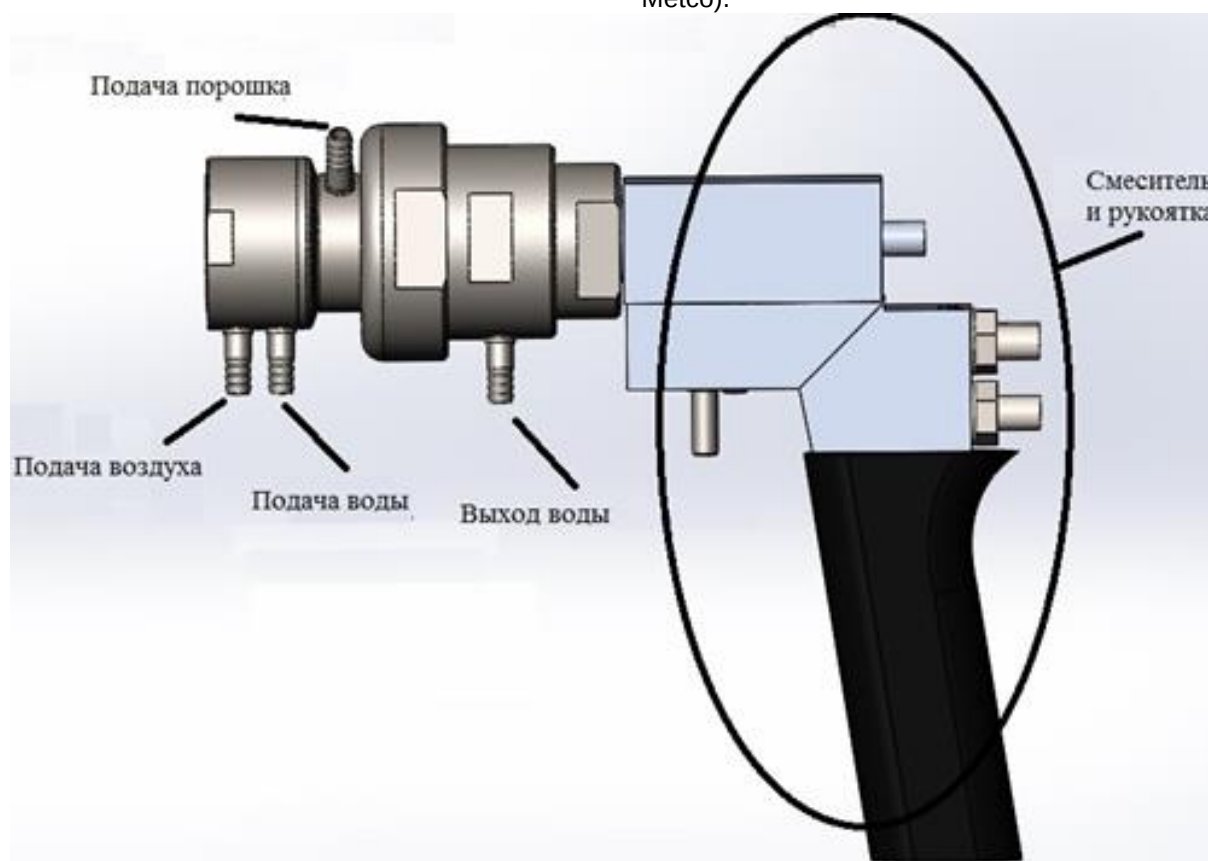


Рисунок 5 – Прототип горелки для СГП – наплавки

Основные детали новой конструкции горелки для сверхзвуковой газопорошковой наплавки изготовлены на токарно-фрезерном обрабатывающем центре высокой точности DMG 1250 CTX Beta. Для изготовления сопел

разработан уникальный осевой режущий инструмент (зенкер), изготовленный на шлифовально-заточном станке ANCA RX7 из твердосплавного материала. Основная сложность заключалась в изготовлении критического сечения сопла диаметром менее миллиметра.

Расчетные значения диаметров критических сечений экспериментальных сопел Лавала для чисел маха M2, M4 и M6 составляют 0,9 мм, 0,7 мм и 0,5 мм соответственно. Данная операция была проделана на электроэрозионном микрофрезерном станке SARIX SX200 (Швейцария). Внутренняя поверхность отполирована вручную высококвалифицированным доводчиком.

Особенностью разрабатываемой конструкции является радиальная подача порошкового сплава, что способствует лучшему перемешиванию, равномерному нагреву, меньшему окислению и высоким скоростям частиц.

Применение съемных сверхзвуковых сопел позволяет отрабатывать различные режимы СГП-наплавки при изменении диаметра критического сечения сопла.

Воздушный наконечник для обжата сверхзвукового газового пламени на крае сопла разработан в соответствии с анализом зарубежных аналогов установок HVOF.

Смеситель и рукоятка выполнены на базе оборудования для нанесения покрытий способом газопорошкового напыления «КЕДР».

Проработка конструктивных элементов и применение современных конструкционных материалов обеспечивает надежность конструкции, а система жидкостного охлаждения – надежную защиту от перегрева при любых режимах наплавки.

Таким образом, в результате анализа разработок лучших зарубежных производителей сверхзвукового оборудования для напыления и усовершенствования разработанного авторами оборудования для СГП-наплавки достигнуто сочетание рациональных расчетных характеристик горелки, обеспечивающее возможность промышленного применения процесса СГП-наплавки на машиностроительном и энергетическом оборудовании, а также объектах, подведомственных Ростехнадзору [5]. Технические характеристики данного устройства позволяют перейти к полной автоматизации процесса наплавки, включая настройки расхода и соотношения рабочих газов, выхода на рабочий режим, так и процесс перемещения установки при производстве

СГП-наплавки на различных деталях оборудования [6, 7].

Список литературы

1. HVOF-solutions: Информационный бюллетень. // Sulzer Metco – 2008. [Перевод авторов статьи]
2. Пат. № 60410 Российская Федерация, МПК B22B 19/06. Устройство для сверхзвуковой газопорошковой наплавки / Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б., Нагорный Д.А., Маньковский С.А.; заявл. 4.07.2006; опубл. 27.01.2007 в Б.И. № 3.
3. Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Уварова С.Г., Киселев В.С., Радченко Т.Б., Радченко В.Г. Комплексная диагностика режимов сверхзвуковой газопорошковой наплавки износостойких покрытий. Сварка и диагностика, 2011. - №1. – С. 54-58.
4. Радченко М.В., Тимошенко В.П., Уварова С.Г., Киселев В.С., Радченко Т.Б., Радченко В.Г. Исследование термоциклов при сверхзвуковой газопорошковой наплавке износостойких покрытий. Сварка и диагностика, 2011. - №2. – С. 29-32.
5. Киселев В.С., Радченко М.В., Радченко Т.Б., Шевцов Ю.О., Матюхин Г.В. Технологические аспекты контроля и диагностики процесса СГП-наплавки самофлюсующихся сплавов (статья). Ползуновский вестник, 2012.- № 1/1.- С. 123-126.
6. Киселев В.С., Палаткин Н.Н., Радченко М.В., Радченко Т.Б. Технологические аспекты управления процессом сверхзвуковой газопорошковой наплавки. Ползуновский вестник. - Барнаул: Изд-во Алт. гос. тех. ун-та им. И.И. Ползунова, 2013.- № 4-2. - С. 60-65.
7. Радченко М.В., Чепрасов Д.П., Шевцов Ю.О., Иванайский А.А., Борисов А.П., Сейдуров М.Н., Черемисин П.С. Исследование процессов сварки и наплавки с использованием современной методики сбора и обработки экспериментальных данных// Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты), 2008.- №1(38).- С. 7-10.