

ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СВАРКИ И СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

М.В. Радченко, С.Г. Уварова, Ю.О. Шевцов, Т.Б. Радченко, В.А. Марков

В статье изложены результаты многолетних исследований по разработке технологий сварки, упрочнения, наплавки концентрированными потоками энергии: электронным лучом и сверхзвуковой газопорошковой наплавкой

Ключевые слова: сварка, упрочнение, наплавка, концентрированные потоки энергии, электронный луч, сверхзвуковая газопорошковая наплавка

Развитие современного машиностроения предъявляет все более жесткие требования к надежности и долговечности наиболее ответственных деталей и узлов, работающих в условиях высоких температур, циклических нагрузок, газо- и абразивного износа. Их работоспособность в значительной степени определяется физико-механическими свойствами рабочих поверхностей сопряженных деталей. Поэтому одним из главных направлений повышения долговечности, увеличения ресурса работы излов и механизмов, снижения расхода запасных частей является применение в производстве и ремонте высокотехнологичных технологических процессов упрочнения и наплавки. В последнее время наряду с традиционно применяемыми находят все более широкое применение новые прогрессивные методы с использованием высококонцентрированных источников энергии (электроннолучевые, газотермические).

Практика эксплуатации двигателей внутреннего сгорания (ДВС), особенно форсированных дизельных двигателей, показывает, что наиболее слабым местом поршней являются зоны кольцевых канавок под компрессионные кольца. Образование предельного зазора между компрессионным кольцом и кольцевой канавкой поршня в основном и определяет ресурс двигателя до переборки, расход топлива и масла, а также затраты на ремонт. Поэтому, решение проблемы повышения моторесурса кольцевых канавок поршней является основным направлением для практического использования результатов научных исследований как в России, так и за рубежом.

Коллективом авторов в Проблемной лаборатории процессов сварки и создания за-

щитных покрытий АлтГТУ им. И.И. Ползунова на основе более чем 20-летнего опыта в области электроннолучевых технологий разработана технология электроннолучевого упрочнения наиболее технологически сложных поршневых алюминиевых сплавов заэвтектического состава марки АК21М2,5Н2,5. Технология упрочнения заключается в электроннолучевом переплаве слоя металла в том месте поршня, где в последующем выполняется проточка кольцевой канавки необходимых геометрических размеров.

В результате комплексных экспериментальных исследований установлены оптимальные технологические параметры режима упрочнения, позволяющие получать практически бездефектный металл в зоне переплава с высокими показателями износостойкости.

В процессе отработки опытно-производственной технологии электроннолучевого упрочнения поршней для дизелей ОАО "Барнаултрансмаш" было выявлено, что в данной технологии существует серьезный резерв повышения износостойкости первой кольцевой канавки - а именно, упрочнение с легированием, что позволяет значительно расширить область применения данного способа упрочнения [1-5].

В случае дополнительного легирования алюминиевого сплава с целью получения еще более высоких показателей износостойкости в качестве легирующего материала предложено использовать нихромовую или медную проволоку, содержание которых в наплавленном металле определяет требуемые механические свойства, например, твердость, износостойкость. Внешний вид поршневых заготовок с упрочненными зонами под кольцевую канавку показан на рисунке 1.



Рисунок 1 - Заготовки поршней из сплава АК21М2,5Н2,5 с упрочненными зонами под проточку кольцевых канавок (указаны стрелками)

Практическая реализация разработанного способа упрочнения кольцевых канавок осуществлена на заводе ОАО “Барнаул-трансмаш”, где был спроектирована и изготовлена электроннолучевая аппаратура с 14-ти позиционным манипулятором под данный типоразмер поршней. С использованием электроннолучевой пушки с “холодным катодом” и манипулятором, внешний вид которых показан на рисунке 2, выполняли производст-

венную программу упрочнения поршней методом электроннолучевой технологии без легирования.

Проведенные производственные испытания упрочненных поршней при работе на форсированных дизелях показали повышение их моторесурса в 3 раза. Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанной технологии составляет 400 рублей на 1 упрочненный поршень в ценах 2010 г.

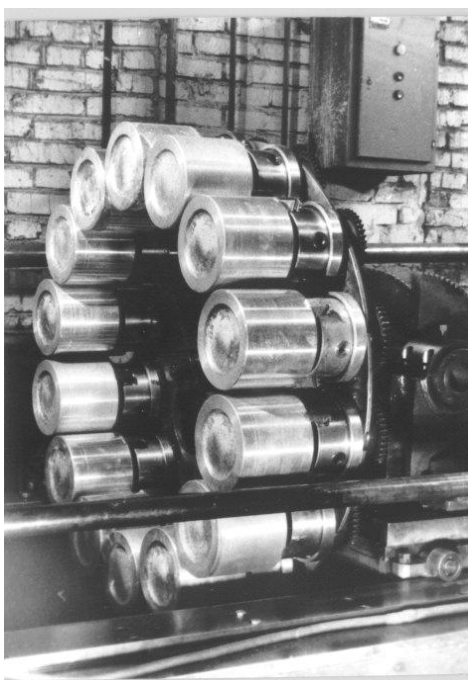


Рисунок 2 - 14-ти позиционный манипулятор для сварки и упрочнения поршней

В связи с относительно высокой стоимостью оборудования, использование высококонцентрированного источника нагрева – электронного луча в вакууме – для сварки и создания упрочняющих и защитных покрытий целесообразно в тех случаях, когда оно приводит к получению качественно новых результатов, свойств сварных, упрочненных и наплавленных изделий, а также когда невозможно использовать другие методы поверхностного нагрева. В частности, авторами работы для предприятия ОАО «Барнаултрансмаш» был выполнен комплекс технологических работ по электроннолучевой сварке тела гильзы цилиндра с посадочным буртом. Это определило экономию дорогостоящей легированной стали 38Х2МЮА до 40 % за счет резкого уменьшения толщины стенки заготовки и устранения операции токарной обработки [6].

В развитие электроннолучевых технологий метод наплавки электронными пучками низких энергий (до 5 кэВ), разработанный коллективом авторов, благодаря сочетанию преимуществ порошковых материалов и вакуумной защиты металла позволяет создавать уникальные по эксплуатационным свойствам упрочняющие слои на поверхностях различных деталей дизелей [7-11].

Весьма эффективно с помощью упрочнения и наплавки электронным лучом создание защитных слоев на поверхности деталей с высоким уровнем функциональных свойств (твердость, износ- и коррозионная стойкость) на деталях или заготовках из относительно дешевых малоуглеродистых сталей.

Благодаря возможности подачи энергии точной дозировки с помощью наплавки электронным лучом (ЭЛН) формируются равномерные по толщине слои с минимальным проплавлением основы, исключаются деформации нежестких деталей. Прочность сцепления с основой наплавленных методом ЭЛН покрытий, находится на уровне металлической связи. Поэтому в отличие от напыленных они не растрескиваются и не отслаиваются в результате воздействия интенсивных многоцикловых контактных нагрузок. Возможна многократная наплавка после перешлифовки наплавленных деталей. Как показывает практический опыт, стоимость ремонта деталей составляет порядка 30% от стоимости новых при существенно более высоких функциональных показателях свойств поверхности.

Например, упрочнение с оплавлением рабочих кромок матриц для горячего деформирования распылителей дизельного топлива позволило на ОАО «Алтайдизель» повысить разгаростойкость поверхности в 2 раза.

Особенно актуальным является практическое использование электроннолучевой технологии наплавки высоколегированных порошковых сплавов на основе системы Ni-Cr-B-Si для ремонта и восстановления изношенных поверхностей тяжело нагруженных деталей: коленчатых и распределительных валов ДВС (рисунки 3, 4), крестовин, шаровых опор, толкателей распределительного валика, ступиц шкивов клиноременных передач, ходовых винтов и др

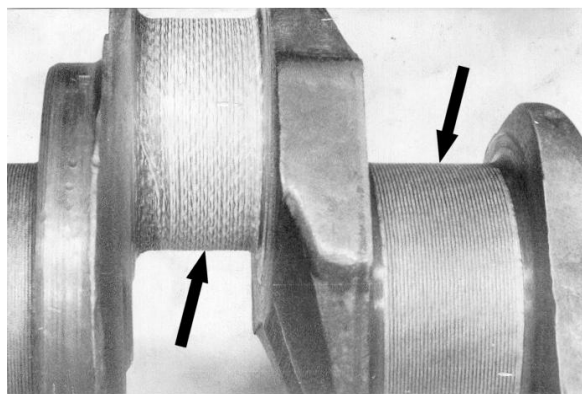


Рисунок 3 - Коленчатый вал форсированного дизеля с коренными и шатунными шейками, упрочненными методом электроннолучевого оплавления (стрелками указаны места упрочнения)



Рисунок 4 - Распределительный вал ДВС после ремонта методом электроннолучевой наплавки (стрелкой указано место износостойкой наплавки)

Для решения проблем износа рабочих поверхностей различных деталей и механизмов наряду с использованием электронных пучков в вакууме, в промышленности часто экономически целесообразно использовать относительно недорогие технологические варианты, среди которых заметное место занимают процессы газопламенного напыления и наплавки.

При этом последние 10-12 лет всё активнее начинают развиваться процессы нанесения защитных покрытий сверхзвуковыми газовыми струями [12-17]. Передовые позиции в разработке технологий и оборудования занимают такие крупные компании Германии и США, как Deloro Stellite GmbH, Sultzer Metco, GTV, Praxair и др. Однако, это относится преимущественно к процессам напыления. Как известно, все процессы напыления без исключения имеют один существенный недостаток, ограничивающий промышленное использование – отслоение покрытий ввиду относительно низкой прочности сцепления. Поэтому перед авторами стояла задача кардинального решения этой проблемы путем исключения параметра “прочность сцепления” посредством разработки аппаратуры и технологии сверхзвуковой газопорошковой наплавки (СГП-наплавки). Как известно, зарубежная аппаратура предназначена для использования в качестве напыляемых мате-

риалов порошковых сплавов с мелкой фракцией – менее 10 мкм, промышленно не выпускаемых в России. Уже на первом этапе исследований была поставлена и решена задача использования в качестве наплавочных материалов отечественных порошковых самонаплающихся сплавов, а также сплавов на основе железа, кобальта, вольфрама фракцией 40-100 мкм. В этом случае можно в зависимости от условий эксплуатации выбирать материал покрытия, обладающий комплексом свойств (износостойкость, жаростойкость, коррозионную стойкость и т.д.), необходимых для защиты при данных условиях эксплуатации.

Для реализации этого процесса в ООО «НИИ Высоких Технологий» (г. Барнаул) в рамках Федеральной программы «СТАРТ05» был выполнен комплекс исследований, включающий расчеты сопел Лаваля с различными числами Маха, изготовление серии сопел и их экспериментальную апробацию в процессе наплавки износостойких порошковых сплавов на изношенные поверхности деталей [18].

В результате проведенных НИОКР разработана аппаратура (рисунок 5) и на нее получен первый в России патент по технологии СГП-наплавки [19, 20]. Отличительной технологической чертой аппаратуры является повышение концентрации энергии газопламенной установки.

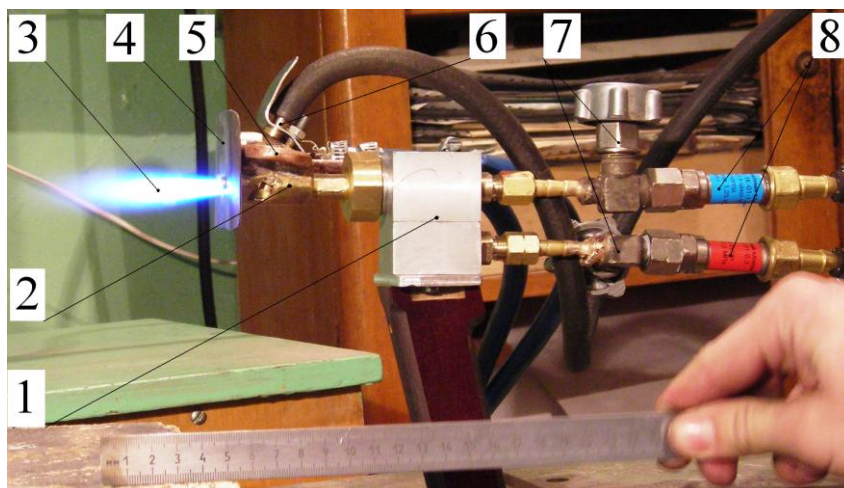


Рисунок 5 – Устройство для реализации процесса сверхзвуковой газопорошковой наплавки:

1 – корпус, 2 – сопло, 3 – газовое пламя, 4 – щиток,
5 – система охлаждения сопла, 6 – канал подачи порошка, 7 – вентили подачи рабочих газов, 8 – подвод рабочих газов

На этом основании были сформированы технологические рекомендации, согласно которым при использовании в дальнейшем разработанной аппаратуры и технологии СГП-

наплавки возможно ожидать дополнительного увеличения износостойкости трубных панелей котлов «с кипящим слоем» в 3-4 раза.

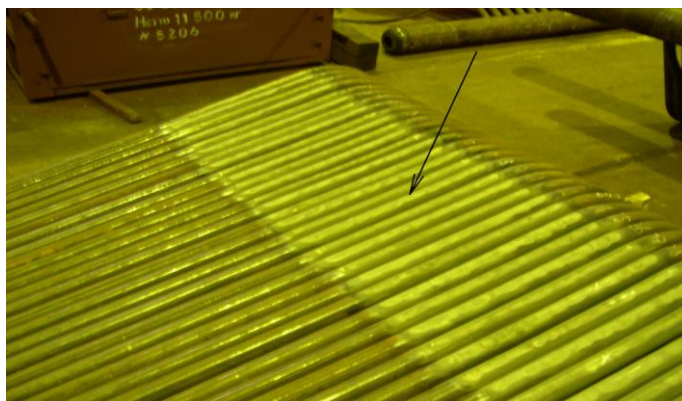


Рисунок 6 - Износостойкие защитные покрытия на поверхности трубных панелей, выполненные методом газопорошковой наплавки

В 2005 г. на ОАО «Бийский котельный завод» по разработанной технологии дозвуковой газопорошковой наплавки были наплавлены защитные покрытия на трубные панели котлов с «кипящим слоем» типа КВ-Ф-10-115-НТКС (рисунок 6). Межремонтный период таких котлов с незащищенными экранными трубами в зависимости от типа углей (каменный или бурый) составляет 1,5...2,5

месяца. Эксплуатационные испытания котлов с покрытиями в течение 2-х лет подтвердили результаты лабораторных исследований – следов износа на трубах не было обнаружено. При этом экономический эффект от использования разработанной технологии на трех котлах составил около 10,8 млн. рублей в год.

Как известно, Управление Алтайского края по промышленности и энергетике пригласило Алтайского края на период до 2020 года. Одним из перспективных направлений этой программы является строительство электростанции, использующей угли Солтонского месторождения. Эти угли относятся к низкосортным, и для их сжигания используются котлы с «кипящим слоем». Представленные в работе результаты НИОКР позволяют решить проблему использования низкосортных углей, добываемых в Алтайском крае, с резким повышением ресурса и улучшением технологических характеристик котлоагрегатов.

Наряду с этим полученные инженерные решения позволяют рекомендовать использование процесса сверхзвуковой газопорошковой наплавки для решения проблемы износа деталей машин и механизмов в других отраслях промышленности края.

ступило к разработке энергетической страте

В развитие уже существующих технологических разработок, коллектив Проблемной лаборатории процессов сварки и создания защитных покрытий в настоящее время разрабатывает конкурентноспособное оборудование и технологические процессы на базе нового метода создания многофункциональных защитных покрытий - СГП-наплавки, средства диагностики и контроля качества технологического процесса и непосредственно защитных покрытий, системы автоматического управления процессом наплавки в целом и его отдельными технологическими комплексами, а также занимается подготовкой специалистов высокой квалификации для реализации новых технологических процессов на промышленных предприятиях Алтайского края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ № 2148750. Способ упрочнения зон кольцевых канавок поршня двигателя внутреннего сгорания / Радченко М.В., Батырев Н.И., Кровяков К.С., Шевцов Ю.О. Заявл. 21.12.1998. Опубл. 10.05.2000.
2. Радченко М.В., Кровяков К.С. Исследование структуры и свойств поршневого алюминиевого сплава, обработанного электронным лучом // Сварочное производство. 1998. № 11. С.9-12.
3. Радченко М.В., Радченко В.Г., Кровяков К.С. Получение упрочненных слоев на поверхности поршней из силуминов методом электронно-лучевой наплавки // Сварочное производство. 1999. № 11. С.48-51.
4. Кровяков К.С., Радченко М.В. Упрочнение кольцевых канавок поршня дизеля электронно-лучевой наплавкой // Сварочное производство. 1998. № 11. С.9-12.
8. Radchenko M.V., Shevtsov Yu.O., Batyrev N.I. Metallurgical coating made by electron beam surfacing/ 5 Int. Conf. On Electron beam techn. Varna, Bulgaria, 1991. P.487.
9. Радченко М.В., Радченко В.Г., Кириенко А.М., Шевцов Ю.О. Оценка твердости и пластичности слоев, созданных электронно-лучевым наплавлением в вакууме // Металлург. 1997. № 8. С. 33-35.
10. Радченко М.В., Беянина Т.Н. Исследование характера коррозионного износа защитных покрытий, выполненных методом электроннолучевой наплавки порошковых сплавов в вакууме // Перспективные материалы. 1997. № 6. С.56-60.
11. Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко В.Г. Комплексный анализ износостойких защитных покрытий, наплавленных электронными пучками в вакууме // Ползуновский вестник. 2005. № 2 (ч. 2). Барнаул: изд-во АлтГТУ. С.67-71.
12. Kreye H. A Comparison of HVOF Systems –

лучевой обработкой // Техника машиностроения, 2000. № 3. С.23-25.

5. Радченко М.В., Зубков А.В., Косоногов Е.Н. Электроннолучевое упрочнение поршневого сплава АК21.- В кн.: Электроннолучевая сварка. М. 1986. С.27-30.

6. Радченко М.В., Батырев Н.И. О структурообразовании в процессе электроннолучевого упрочнения стали 55Х2Н2МФА с оплавлением поверхности.- Изв. СО АН СССР. Сер. техн. наук. 1987. № 4. Вып. 1. 4 с.

7. Ольшанский Н.А., Радченко В.Г., Радченко М.В., Лихошерстов Д.М., Балаян Р.Ф. Электроннолучевая сварка гильзы цилиндров дизельных двигателей// Материалы 8 Всесоюзной конф. по электроннолучевой сварке. М. 1983. С.16-19. Behavior of Materials and Coating Properties // 4th HVOF Colloquium at Erding. Munchen, Bavaria. Nov 13-14. 1997. P 13-21.

13. Борисов Ю.С., Петров С.В. Использование сверхзвуковых струй в технологии газотермического напыления // Автоматическая сварка. 1995. № 1. С. 41-44.

14. От дозвукового к сверхзвуковому газопламенному напылению покрытий при восстановлении и упрочнении деталей машин/ Хромов В.Н., Верцов В.Г., Коровин А.Я., Абашеев Н.Г. // Сварочное производство. 2001. № 2. С. 39-48.

15. Технологические особенности нанесения покрытий методом HVOF на элементы газотурбинных двигателей/ Фролов В.А., Поклад В.А., Рябенко Б.В., Викторенков Д.В., Шимбирев П.А.// Сварочное производство. 2003. № 11. С. 26-30.

16. Особенности процессов высокоскоростного газопламенного напыления/ Балдаев Л.Х., Шестеркин Н.Г и др. // Сварочное производство. 2003.

ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СВАРКИ И СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

№ 5. С. 43-46.

17. Патент № 2037336 Россия, МПК B05B7/20. Установка для сверхзвукового газопламенного напыления /Воронецкий А.В., Воронецкая

18. Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б., Маньковский С.А., Нагорный Д.А., Черемисин П.В. Разработка комплекса автоматизированного оборудования и технологии создания защитных покрытий на деталях котлов с «кипящим слоем»: Отчет о НИР по программе 3438р/5897 «СТАРТ-05»/ ООО «НИИ Высоких Технологий». Руководитель М.В.Радченко. Г.Р.№ 0120.0 509888. Инв. № 02.2.007 00277. Барнаул, 2006.- 82 с.

19. Патент на полезную модель № 60410 Россия, 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.

20. Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Нагорный Д.А., Маньковский С.А., Радченко Т.Б. Разработка технологической аппаратуры для сверхзвуковой газопорошковой наплавки/Обработка металлов, 2007.- №1(34).- С. 19-23.

З.И., Адамов Б.С., Адамова С.С., Рачеткина А.И., Бабченкова Н.Н.; заявл. 29.12.1992; опубл. 19.06.1995.

Радченко М.В., д.т.н., проф., зав. каф. «Малый бизнес в сварочном производстве», тел. 8(3852)290-765, email: mirad_x@mail.ru;

Уварова С.Г., аспирант каф. «Малый бизнес в сварочном производстве», тел. 8(3852)290-765, email: mirad_x@mail.ru;

Шевцов Ю.О., к.т.н., доц., проф. каф. «Малый бизнес в сварочном производстве», тел. 8(3852)290-765, email: yuoshevtsov@mail.ru;

Радченко В.Г., д.т.н., проф., проф. каф. «Малый бизнес в сварочном производстве», тел. 8(3852)290-764, email: rad_weld@mail.ru;

Марков В.А., д.т.н., проф., проф. каф. «Машиностроительные технологии и оборудование», телю 8(3852)290-7656 email: mirad_x@mail.ru ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет. И.И. Ползунова»