

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Карпеца Максима Николаевича

«Процесс получения защитных покрытий с повышенной адгезией из борированной стальной проволоки гиперзвуковой металлизацией на деталях калийной отрасли»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии»

1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представляется к защите

В диссертационной работе соискателя Карпеца М.Н. содержатся научно-обоснованные результаты исследований процесса напыления защитных покрытий методом гиперзвуковой дуговой металлизации с применением самофлюсующихся диффузионно-борированных стальных проволок, позволяющих увеличить адгезию, микротвердость и химическую однородность металлизационных покрытий на деталях машин в целях упрочнения поверхностей и повышения ресурса деталей при эксплуатации в агрессивных солевых средах.

На основании вышеизложенного, содержание диссертационной работы соответствует технической отрасли наук и специальности 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии». Область исследования диссертационной работы соответствует следующим пунктам паспорта указанной выше специальности:

- п. 1. Физико-химические процессы в сварочных источниках энергии – дуге, плазме, электронном, световом и лазерном луче, взрывчатом веществе.
- п. 3. Физико-химические процессы, фазовые и структурные превращения в материалах при сварке и родственных технологиях.
- п. 6. Разработка и создание новых материалов для сварки и родственных процессов и оборудования для их производства.

2. Актуальность темы диссертации

Увеличение объем производства калийных удобрений в Республике Беларусь связано с повышением эффективности и производительности в химической отрасли. Оборудование для производства калийных удобрений подвергается интенсивному абразивному износу и эрозии в агрессивной среде, что требует периодического ремонта и восстановления. Использование самофлюсующихся сварочных проволок при гиперзвуковой дуговой металлизации в пропано-воздушной ранее не исследовалось.

В этой связи тема диссертационной работы, посвященная разработке технологий получения защитных металлизационных покрытий на основе применения самофлюсующихся диффузионно-борированных сварочных проволок, несомненно, является весьма актуальной.

Актуальность выбранной темы диссертационной работы подтверждает её соответствие приоритетным направлениям научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2021–2025 гг. (п. 4 «Машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы: машиностроение и машиноведение», утвержденным Указом Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 № 156): ГБ 21-20 «Разработка теоретических основ и ресурсосберегающих технологий получения новых материалов, изделий и покрытий различного назначения с помощью сварки и родственных процессов, порошковой металлургии, литья, высокоэнергетических процессов синтеза и высокоскоростного воздействия концентрированных источников энергии и их промышленное производство, в том числе с использованием вторичных ресурсов».

3. Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

Автором установлена возможность увеличения адгезии, пористости, твердости и химической однородности металлизационных покрытий с применением диффузионно-борированных сварочных проволок с массовым содержанием бора от 0,58 % до 4,48 % при уменьшении скорости подачи проволоки от 22 % до 50 % и увеличении напряжения дуги на 10–15 %.

Установлена зависимость адгезии, пористости и роста толщины диффузионного слоя при борировании феррито-перлитных, аустенитных, аустенито-ферритных и мартенситных проволок от содержания активирующего фторида алюминия в термодиффузионной смеси.

Выявлена возможность снижения оксидных включений в металлизационных покрытиях за счет снижения энергии Гиббса в реакциях раскисления при содержании в диффузионном слое на проволоках Св-08Г2С, 95Х18, ER316LSi от 0,5 до 4 масс. % бора.

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность сформулированных и достоверность выводов и рекомендаций, в диссертационной работе, обуславливается использованием современных технических средств, а также методик проведения исследований. Автором применялись апробированные методики металлографических, дюрометрических, рентгеновских фазовых и спектральных исследований, определения шероховатости, износостойкости и механических испытаний. Достоверность сформулированных выводов и рекомендаций работы подтверждается публикациями автора в научных изданиях и патенте на изобретение Республики Беларусь.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию

Научная значимость диссертационной работы заключается в том, что автор на основе расчетно-экспериментальных исследований установил зависимости физико-механических свойств, структуры и состава металлизационных покрытий от режимов гиперзвуковой дуговой металлизации и содержания бора в диффузионном слое на поверхности сварочных проволок различных микроструктурных классов.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в разработке технологий получения новых материалов для гиперзвуковой дуговой металлизации в виде диффузионно-легированных бором сварочных проволок, а также в разработке и внедрении технологий, методик измерений технологической инструкции по гиперзвуковой металлизации с применением борированных проволок на предприятии ОАО «Беларуськалий».

Разработанная технология напыления защитных покрытий позволяет получить экономический эффект при продлении ресурса в расчете на один корпус редуктора Ц2У-200 в размере 2000 бел. рублей, а при напылении на защитные втулки в размере 400 бел. рублей на одну втулку.

Внедрение технологий напыления с борированной проволокой относится к высокотехнологичным процессам в машиностроении, что способствует развитию инновационной и изобретательской деятельности в Республике Беларусь и обосновывает социальную значимость исследований.

Результаты исследований являются важными для применения в химической и нефтехимической отрасли промышленности, а также в машиностроении для защиты оборудования и деталей машин от износа и коррозии.

6. Полнота опубликования основных положений и результатов диссертационной работы

Основные результаты диссертации опубликованы в 8 статьях в рецензируемых научных изданиях в соответствии с п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, 4 статьи опубликованы в сборниках докладов на международных научно-технических конференциях. По результатам работы получен 1 патент Республики Беларусь на изобретение. Ссылки на опубликованные работы в полном объеме приведены в тексте диссертационной работы, а также в заключении при изложении основных научных результатов диссертации.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь

Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь. Материал изложен

последовательно и хорошо иллюстрирован. Автореферат соответствует диссертации и отражает её основное содержание.

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Диссертация изложена на 168 страницах, содержит 83 рисунка, 36 таблиц и 108 наименований использованных источников. Печатный текст составляет не более 100 страниц, что соответствует п. 21 гл. 3 Инструкции о порядке оформления диссертации, диссертации в виде научного доклада, автореферата диссертации и публикаций по теме диссертации.

8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Представленные в работе результаты теоретических и экспериментальных исследований, объем полученных данных с использованием современных приборов и методов исследований, уровень их анализа и интерпретации свидетельствуют о соответствии научной квалификации соискателя ученой степени кандидата технических наук по искомой специальности.

9. Замечания по диссертации

1. При дуговой металлизации в пропан-воздушной смеси присутствует азот, что может приводить к образованию нитридов железа и хрома. В этой связи желательно оценить термодинамическую вероятность образования этих соединений, а также установить их вклад в упрочнение покрытий.

2. Механизм самофлюсования с участием бора должен рассматриваться комплексно в газовой и шлаковой фазе, образующихся вокруг капель электродного металла. Из-за высокого сродства бора к кислороду и азоту, механизм самофлюсования должен учитывать его взаимодействие с азотом и кислородом при температурах сварочной дуги.

3. Пористость металлизационных покрытий значительно снижает износостойкость и стойкость к питтинговой коррозии. В работе достигли значительного снижения пористости. Могут ли быть причиной этого эффекта снижение растворимости азота и водорода в каплях, а также улучшение смачиваемости при соударении капель с поверхностью?

4. В работе разработан способ активации диффузии бора при введении в смесь фторида алюминия. Механизм активации может быть связан с образованием газовой фазы в реакциях фторида алюминия с компонентами термодиффузионной смеси.

5. В технологии металлизации используют катушки с проволокой с рядной намоткой. Как обеспечивалась стабильность качества борированной проволоки и равномерность глубины диффузионного слоя по длине проволоки?

6. Анализ макроструктуры покрытий на рис. 3.4. стр. 60 и рис. 3.6 стр. 63 диссертации показывает наличие микротрещин на поверхности проволоки.

Могут ли эти дефекты привести к отслоению боридного слоя, ломкости проволоки при изгибе, а также заклиниванию проволоки в токопроводящих каналах сопла?

7. Качество дугового напыления зависит от стабильности горения дуги и сопротивления токоподвода к проволоке. Как влияет образование боридного слоя на электропроводность поверхности проволок?

Приведенные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы.

10. Заключение

Диссертационная работа Карпеца Максима Николаевича «Процесс получения защитных покрытий с повышенной адгезией из борированной стальной проволоки гиперзвуковой металлизацией на деталях калийной отрасли» является законченной квалификационной научной работой, самостоятельно подготовленной соискателем и содержит новые научно-обоснованные теоретические и экспериментальные результаты, совокупность которых позволяет решить важную научную задачу повышения износостойкости и ресурса эксплуатации деталей машин и ответственного оборудования в химической промышленности. Содержание диссертационной работы соответствует специальности 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии» и отрасли технических наук, по которым она представлена к защите.

Диссертационная работа удовлетворяет требованиям Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, соответствует пункту 20 «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь», а ее автор Карпец М.Н. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии» за:

- установление зависимостей физико-механических свойств, структуры и состава металлизационных покрытий от режимов гиперзвуковой дуговой металлизации и содержания бора в диффузионном слое на поверхности сварочных проволок различных микроструктурных классов;

- выявление зависимостей физико-химических свойств и толщины диффузионного слоя, на поверхности сварочных проволок различного микроструктурного класса от режимов химико-термической обработки и состава термодиффузионной смеси с фторидом алюминия;

- установление возможности увеличения плотности металлизационных покрытий и снижения содержания оксидных включений за счет снижения энергии Гиббса в реакциях раскисления при содержании в диффузионном слое на проволоках 0,5–4 масс. % бора.

– разработку технологий получения диффузионно-легированных бором слоев различной толщины на поверхности сварочных проволок различного микроструктурного класса, обеспечивающих эффект самофлюсования при гиперзвуковом дуговом напылении с подачей пропан-воздушной смеси;

– разработку и промышленное внедрение технологий гиперзвуковой металлизации в пропан-воздушной смеси с применением самофлюсующихся диффузионно-борированных стальных проволок, обеспечивающих упрочнения поверхностей и повышения ресурса оборудования и деталей машин при эксплуатации в агрессивных условиях.

Официальный оппонент,
профессор Высшей школы физики
и технологий материалов
Института машиностроения,
материалов и транспорта
Санкт-Петербургского политехнического
университета Петра Великого,
доктор технических наук, профессор:

С.Г. Паршин

Паршин Сергей Георгиевич, профессор, доктор технических наук, профессор, научная специальность «Сварка, родственные процессы и технологии», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (ФГАОУ ВО «СПбПУ»). Российская Федерация, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, тел. (812) 552-63-55, parshin@spbstu.ru

