

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию

КАРПЕЦА Максима Николаевича «Процесс получения защитных покрытий с повышенной адгезией из борированной стальной проволоки гиперзвуковой металлизацией на деталях калийной отрасли»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 – сварка, родственные процессы и технологии.

1. Соответствие содержанию диссертации отрасли науки и специальности

Диссертация Карпеца М.Н. посвящена разработке научно-обоснованной технологии получения защитных покрытий из диффузионноборированной стальной проволоки гиперзвуковой металлизацией на быстроизнашиваемых стальных и чугунных, обеспечивающей повышение адгезии покрытия, повышение износостойкости и возможность эффективного восстановления изношенных деталей калийной отрасли.

Данная тематика относится к техническим наукам и специальности 05.02.10 – сварка, родственные процессы и технологии.

Указанные исследования, содержание диссертации в целом, а также положения, выносимые на защиту, соответствуют области исследований п. III.3 «Физико-химические процессы, фазовые и структурные превращения в материалах при сварке и родственных технологиях» и п. III.6 «Разработка и создание новых материалов для сварки и родственных процессов и оборудования для их производства» (Приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь 27 марта 2017 г. № 67)

2. Актуальность темы диссертации

Технико-экономическое эффективное восстановление изношенных деталей, повышение долговечности тяжелонагруженных, сложнопрофильных стальных деталей машиностроения было и остается актуальной глобальной научно-технической проблемой. Непрерывное ужесточение эксплуатационных условий работы изделий машиностроения, усложнение конструкции, жесткая конкуренция на мировом машиностроительном рынке привели к тому, что традиционные технологии в ряде случаев не обеспечивают необходимого уровня технико-экономических показателей.

Электродуговая металлизация, возникшая в первой половине XIX века, как экзотическая технология металлизации стеклянных зеркал, в XXI веке занимает прочное место в ряду промышленных технологий получения защитных покрытий широкого спектра составов и свойств. Одним из перспективных направлений развития этого метода является гиперзвуковая металлизация. Традиционными материалами для гиперзвуковой металлизации являются различные стальные проволоки. Окисление

проволоки процессе нанесения покрытия, потенциально невысокая прочность сцепления покрытия с основой ограничивают эксплуатационные возможности металлизационных покрытий. Применение известных порошковых проволок для обсуждаемой технологии ограничено рядом факторов.

Поэтому, актуальным и перспективным направлением научно-технических исследований является научно-обоснованная разработка технологии получения защитных покрытий из диффузионноборированной стальной проволоки гиперзвуковой металлизацией на быстро изнашиваемых стальных и чугунных, обеспечивающей повышение адгезии покрытия, повышение износостойкости и возможность эффективного восстановления изношенных деталей калийной отрасли

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

Новизна результатов, представленных в диссертации и научных положений, выносимых на защиту, заключается в:

-- установлении технологической возможности использования борированной стальной проволоки для нанесения защитных покрытий методом гиперзвуковой металлизации, обеспечивающей увеличение прочности сцепления покрытий с основой;

-- установлении новых режимов гиперзвуковой металлизации для созданных борированных проволок, позволивших обеспечить стабильность процесса и увеличить прочность сцепления покрытий с основой, за счет уменьшения скорости подачи проволоки от 22 % до 50 %, при одновременном увеличении напряжения дуги;

-- получении новых борированных стальных проволок для гиперзвуковой металлизации с массовым содержанием бора от 0,58 % до 4,48 %, обеспечивающих увеличение прочности сцепления покрытий с основой не менее чем на 10 % .

Таким образом, научные положения, выносимые на защиту, являются новыми, а представленные результаты получены впервые.

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

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, основаны на результатах взаимодополняющих современных экспериментальных исследований. Выполнено обсуждение полученного экспериментального материала с привлечением литературных сведений из авторитетных русскоязычных и иностранных источников, список которых содержит 108 наименований. Обработка полученных результатов корректна, выводы аргументированы и логически следуют из обобщения экспериментальных результатов, изложенных в диссертации. Основные

научные результаты диссертации нашли отражение в опубликованных научных работах в изданиях из перечня ВАК Республики Беларусь, а также апробированы на отечественных и зарубежных научных конференциях.

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

Тематика выполненных в работе исследований соответствует приоритетным направлениям научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2016 – 2020 годы (Указ Президента Республики Беларусь 22.04.2015 г. № 166 «О приоритетных направлениях научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2016–2020 годы») по разделу 1 «Энергетика и энергоэффективность, атомная энергетика» в части пункта «Энергоэффективные технологии и техника», а также приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности в Республике Беларусь на 2021-2025 годы, п.4 «Машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы» (Указ Президента Республики Беларусь 07.05.2022 №156). Работа выполнена в рамках ряда заданий государственных программ научных исследований.

Научная значимость работы состоит в существенном расширении научных знаний в области влияния боридов железа на поверхности стальной проволоки на процесс гиперзвуковой металлизации, строение и свойства полученных металлизационных покрытий.

Практическая значимость результатов работы состоит в получении научно-обоснованных и практически реализованных технологических приемов повышения прочности сцепления и твердости напыленных покрытий на стальных и чугунных деталях калийной отрасли.

Социальная значимость работы состоит в закреплении отечественного научно-технического приоритета в создании самозащитных борированных стальных проволок для гиперзвуковой металлизации и возможном повышении конкурентоспособности отечественной машиностроительной продукции.

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Основные результаты работы опубликованы в рецензируемых научных журналах, включая авторитетные зарубежные, обсуждены на республиканских и международных научных конференциях. Общее количество публикаций по теме диссертации составляет 12, в том числе 8 статей в научных изданиях перечня ВАК Беларуси, а также патента на состав борированной проволоки для нанесения металлизационных покрытий.

Опубликованность результатов диссертационной работы в полной мере удовлетворяет требованиям ВАК Беларуси. Публикации полностью

отражают содержание диссертационной работы, основные положения, выносимые на защиту, и сделанные выводы.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Диссертация и автореферат диссертации Карпеца М.Н. оформлены в соответствии с требованиями инструкции ВАК, содержат все необходимые разделы, включая введение, обзор литературы, описание методологии эксперимента, результаты исследований и их обсуждение, заключение, список публикаций соискателя и библиографический список, в приложении приведены полученные акты использования результатов работы. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации, представленные данные подтверждают выводы, сделанные соискателем в диссертационной работе. Текст изложен литературным, технически грамотным языком, без существенных стилистических погрешностей.

8. Замечания по работе

1. Классическое понимание самофлюсующегося сплава предполагает наличие металлургических процессов восстановления в микрообъеме расплава оксидов металлов (железа) бором и другими восстановителями. Процесс гиперзвуковой металлизации, видимо, не позволяет реализовать полноценное раскисление короткоживущих капель напыляемой стали. Поэтому наиболее уместным является применение термина «самозащитная диффузионно-борированная стальная проволока» для напыления.

2. Научной школой чл.-корр. НАН Беларуси Пантелеенко Ф.И. ранее было установлено, что важное значение для борированных наплавочных сплавов имеет фазовый состав боридного слоя. Предпочтительным является однофазный боридный слой Fe_2B . Высокобористая тугоплавкая фаза FeB негативно сказывается на технологической наплавляемости сплава. Есть основания полагать, что для быстропротекающего процесса гиперзвуковой металлизации (скорость полета частиц около 500 м/с) фазовый состав боридного слоя будет иметь весьма существенное значение. Однако, в работе этот фактор не изучен.

3. В процессах электродугового нанесения покрытий выгорание легирующих элементов, особенно легких, происходит весьма интенсивно. Известно, что при электродуговой наплавке борированного электрода коэффициент усвоения составляет 0,3 - 0,5. Видимо, что для гиперзвуковой металлизации коэффициент усвоения будет еще меньше. Можно предположить, что концентрация бора в металлизационном покрытии будет недостаточна для образования рентгеноструктурно определяемых боридов. Значительное повышение твердости покрытия из борированной проволоки Св-08Г2С обусловлено влиянием бора на резкое снижение критической

скорости закалки напыляемой стали и образованием в напыленном покрытии низкоуглеродистого мартенсита закалки (отпуска).

4. Диссертантом обнаружен неожиданный эффект незначительного влияния бора на пористость нанесенного покрытия. Однако, объяснения указанного эффекта в диссертации не приведено.

5. Определение фазового состава боридного слоя и соотношения боридов по микротвердости является весьма приблизительным, так как микротвердость боридов железа сильно зависит от степени легированности стали (разд. 3.4.). Автор утверждает, что микротвердость 937 HV соответствует бориду Fe_2B (стр. 77). Указанная микротвердость низка для традиционных боридов железа. Видимо, речь идет о бороцементите.

Вышеуказанные замечания не ставят под сомнение полученные результаты и не имеют принципиального значения для общей положительной оценки работы в целом.

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

Научная квалификация Карпеца Максима Николаевича соответствует ученой степени кандидата технических наук. Качество изложения материала диссертации, уровень выполнения экспериментов, новизна и значимость полученных данных, сформулированные выводы, количество и уровень представленных публикаций позволяют сделать вывод, что Карпец М.Н. является квалифицированным специалистом в заявляемой области и достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 – сварка, родственные процессы и технологии

10. Заключение

На основании вышеизложенного, обоснованным является вывод, что диссертационная работа Карпеца М.Н. «Процесс получения защитных покрытий с повышенной адгезией из борированной стальной проволоки гиперзвуковой металлизацией на деталях калийной отрасли», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 – сварка, родственные процессы и технологии, выполнена на требуемом научном и методическом уровне, является завершенным квалификационным исследованием и соответствует требованиям ВАК Беларуси, в частности пп. 19–26 «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь».

Соискатель Карпец М.Н. заслуживает присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 – сварка,

родственные процессы и технологии, за новые научно-обоснованные результаты, заключающиеся в:

-- термодинамическом обосновании и установлении влияния боридов железа в стальной проволоке на прочность сцепления и твердость покрытий, полученных методом гиперзвуковой металлизации;

-- установлении режимов гиперзвуковой металлизации для разработанных борированных проволок, отличающиеся тем, что для проволок с поверхностным боридным слоем требуется уменьшение скорости подачи проволоки от 22 % до 50 %, при одновременном увеличении напряжения дуги на 10–15 % и минимально возможной силе тока для стальных проволок различных структурных классов по сравнению с режимами для проволок без поверхностного боридного слоя;

-- создании новых борированных самозащитных стальных проволок для гиперзвуковой металлизации с массовым содержанием бора от 0,58 % до 4,48 %.

Все вышеуказанное в совокупности вносит существенный вклад в развитие научных представлений о процессе получения покрытий методом гиперзвуковой металлизации из борированных стальных проволок, что позволило получить металлизационные покрытия с повышенной прочностью сцепления и твердостью на деталях калийной отрасли.

Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Материаловедение
в машиностроении»
Белорусского национального
технического университета

 В.М. Константинов

