

В диссертационный совет 24.2.316.01
ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»
по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, Ленина, 27

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Старцева Егора Андреевича на тему «Структура и свойства неразъемных соединений из низкоуглеродистой стали, полученных электродуговым воздействием под слоем флюса, приготовленного из шлака электросталеплавильного производства», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 «Материаловедение (технические науки)»

Диссертационная работа Старцева Егора Андреевича затрагивает актуальную проблему разработки флюса на основе шлака электросталеплавильного производства, а также исследования закономерностей его влияния на структуру и свойства неразъемных соединений из низкоуглеродистой стали, полученных методом электродуговой сварки под слоем флюса. В исследовании рассматриваются ключевые задачи современного машиностроения, связанные с производством и получением материалов с использованием флюса, обладающего необходимыми теплофизическими характеристиками для обеспечения требуемого качества неразъемных соединений. Эти прикладные задачи направлены на решение фундаментальной научной проблемы, заключающейся в совершенствовании технологии переработки отходов горнорудного производства и техногенных материалов с целью получения новых материалов.

В связи с этим возникает необходимость проведения комплексного исследования в области переработки промышленных отходов, а именно шлаков, образующихся на металлургических электросталеплавильных предприятиях, с целью их дальнейшего использования в качестве сырья для флюсов. В данной работе отражен вопрос оптимизации состава шлаков для соответствия требованиям машиностроительной отрасли к структуре и свойствам сварных соединений при

производстве металлоконструкций. Таким образом, прикладная и научная сторона выполненной работы оказываются взаимосвязанными.

Обоснованность и достоверность результатов и выводов обеспечивается согласованностью и воспроизводимостью экспериментов, полученных с использованием различных методов, не противоречащих существующим научным представлениям. Степень достоверности результатов исследования обеспечивается применением современного научного оборудования, использованием стандартизированных и апробированных методик, а также воспроизводимостью и согласованностью полученных данных с информацией, представленной в отечественных и зарубежных научных публикациях. Полученные результаты обладают теоретической значимостью для дальнейшего развития исследований в области разработки и получения новых материалов.

В диссертации представлены 4 главы, заключение и список литературы. Работа включает 6 приложений. Общий объём текста составляет 216 страниц, включая приложения. В тексте содержится 58 таблиц и 82 рисунка. Список литературы включает 163 источника. Во введении автор обосновывает актуальность исследования, его новизну и практическую значимость. Также в нём сформулированы основные положения, которые выносятся на защиту.

Первая глава посвящена вопросам современного состояния переработки техногенных отходов на Дальнем востоке и создания (разработке) флюсов из вторичного сырья.

Анализ текущих тенденций в области сварочного производства свидетельствует о высокой значимости направления, связанного с разработкой сварочных материалов на основе вторичного сырья, как минерального, так и техногенного происхождения. Повышенный интерес к данной проблематике обусловлен рядом факторов: снижением доступности традиционных сырьевых ресурсов, истощением высококачественных месторождений, ухудшением качества исходной продукции, увеличением стоимости импортных компонентов, а также логистическими издержками, связанными с транспортировкой сырья на электродные предприятия, включая импорт из различных стран.

В условиях современных политических и экономических вызовов, таких как санкционное давление и нестабильность глобальных поставок, задача поиска альтернативных, независимых от импорта источников сырья и организации производства сварочных материалов на территории Российской Федерации приобретает стратегическое значение. Решение этой задачи способствует повышению технологического суверенитета и устойчивому развитию отрасли. Установлено, что использование техногенных отходов металлургических

производств в качестве основного сырья позволяет значительно снизить себестоимость, а также создавать новые материалы, обеспечивающие необходимые свойства и качество сварных соединений. Кроме того, применение данного сырья способствует импортозамещению сварочных материалов.

Вторая глава посвящена описанию используемых материалов, методов исследования, применяемого оборудования и технологий. Для изучения структуры полученных соединений были применены методы оптической металлографии, растровой и сканирующей электронной микроскопии. В качестве исходного сырья для исследования были выбраны техногенные отходы, образовавшиеся в процессе деятельности электрометаллургического предприятия "Амурсталь". Основное внимание уделено электросталеплавильному шлаку, который хранится на шлакоотвале, расположенном в городе Комсомольск-на-Амуре.

В третьей главе рассмотрены вопросы разработки и получения флюса с использованием техногенных отходов металлургического предприятия, в частности возможность жидкофазного восстановления железа и других элементов из оксидов, составляющих металлургический шлак ООО «Амурсталь», проведен термодинамический расчет изменения энергии Гиббса и энтальпии реакции. Расчет произведен в интервале температур 1473 ... 1773 К. Произведены расчеты изменения энергии Гиббса и энтальпии при восстановлении FeO, MnO, P₂O₅, MgO, Cr₂O₃. Представлены общие результаты анализа фазовых переходов и изменения массы. Установлено, что каждый из анализируемых составов имеет уникальные точки фазовых переходов и изменения массы, зависящие от исходного состава и условий обработки.

В результате исследований установлено, что разработанный экспериментальный флюс обладает повышенной термостойкостью. Температура, при которой достигается максимальный тепловой эффект, и начало изменения массы данного флюса превосходят аналогичные показатели стандартного флюса АН-42. Указанное свойство свидетельствует о более высокой термической устойчивости разработанного флюса и его пригодности для использования в условиях высоких температур, что имеет важное значение для металлургических процессов.

В четвертой главе представлены результаты исследований состава, структуры и свойств неразъемных соединений, полученных с использованием разработанного флюса. Исследование химического состава швов выявило, что содержание легирующих элементов, таких как никель, марганец и кремний, определяется количеством энергии, которая вводится в процессе сварки.

Наиболее равномерное распределение элементов и оптимальное содержание были зафиксированы при энергии 1,85 кДж/мм. Это способствует повышению прочности и устойчивости к коррозии неразъёмных соединений.

При высоких значениях энергии дуги (2,46 кДж/мм) наблюдается снижение содержания легирующих элементов в металле шва и их перераспределение в зоне термического влияния. Это может негативно сказаться на механических и антикоррозионных свойствах неразъёмного соединения.

Механические испытания образцов на статический изгиб, растяжение и ударную вязкость показали, что образцы, выполненные при энергии 1,35–1,50 кДж/мм, демонстрируют наилучшие механические свойства. Эти образцы соответствуют требованиям ГОСТ 14637-89 по пределу прочности и относительному удлинению.

Наилучшие показатели ударной вязкости были достигнуты в образцах при 1,35 и 1,50 кДж/мм. Это подтверждает, что данные режимы способствуют формированию более пластичных неразъёмных соединений, что важно для конструкций, подвергающихся динамическим нагрузкам.

Наименьшие значения микротвёрдости в зоне термического влияния и металле шва наблюдались при энергиях 1,35–1,50 кДж/мм. Это свидетельствует о равномерной структуре металла и минимизации закалочных структур, что снижает риск хрупкого разрушения неразъёмных соединений.

Микроструктурный анализ показал, что при энергии 1,35–1,50 кДж/мм формируется наиболее однородная структура шва с минимальными закалочными структурами и мелкозернистой феррито-перлитной смесью. Это обеспечивает высокие механические свойства и пластичность неразъёмного соединения.

Фрактографический анализ показал, что в образцах при 1,35 и 1,50 кДж/мм преобладает вязкий тип разрушения, что указывает на их высокую пластичность и способность выдерживать динамические нагрузки.

Экспериментально-статистический анализ показал, что наиболее рациональным режимом электродугового воздействия для тонколистовых заготовок из низкоуглеродистой стали является использование тока 450 А и напряжения 27 В при энергии 1,35–1,50 кДж/мм. Этот режим обеспечивает наилучшие результаты по геометрическим параметрам шва, механическим свойствам и минимизации остаточных деформаций.

Построенные математические модели подтвердили, что ширина и высота шва, а также механические свойства неразъёмных соединений значительно зависят от режимов электродугового воздействия. Наибольший вклад в формирование

качественного неразъемного соединения вносит напряжение на дуге, которое необходимо контролировать для обеспечения стабильных характеристик шва.

Научная новизна исследования:

- автором дано научное обоснование процесса получения флюса на основе термодинамического анализа окислительно-восстановительных реакций в электросталеплавильном шлаке, определены основность, химическая активность и теплофизические свойства флюса, обеспечивающие требуемые технологические характеристики и качество неразъемного соединения;

- установлена взаимосвязь структуры и свойств получаемых неразъемных соединений из низкоуглеродистой стали с составом и свойствами разработанного флюса;

- установлено влияние показателей теплофизических свойств флюса и шлаковой корки, формируемой в процессе электродугового воздействия на структуру и свойства неразъемных соединений из низкоуглеродистой стали ВСтЗсп;

- выявлена зависимость однородности химического состава по кремнию и марганцу металла шва и основного металла низкоуглеродистой стали ВСтЗсп от параметров режима электродугового воздействия, включая рациональный режим 1,5...2 кДж/мм;

- установлена связь между геометрическими параметрами неразъемного соединения, его физико-механическими свойствами, структурной организацией и параметрами электродугового воздействия. При достижении силы тока в диапазоне 380...550 А и напряжения 32...40 В достигаются рациональные значения этих параметров.

Практическая значимость:

Заключается в разработке технологии переработки шлака (жидкофазного восстановления излишков железа из шлака путем переплава) на основе проведенных термодинамических расчетов. Разработан состав и способ изготовления флюса из шлака сталеплавильного производства (Патент РФ № 2793303). Выявлены и рекомендованы к применению рациональные режимы электродугового воздействия на процесс формирования неразъемного соединения из низкоуглеродистой стали ВСтЗсп. Результаты опробования разработанного флюса в производственных условиях ООО «КЭМ» при изготовлении рулонизируемых стенок вертикальных резервуаров показали, что полученные соединения рулонизируемых стенок вертикальных резервуаров соответствуют требованиям нормативно-технической документации (Акт об использовании прилагается). Результаты диссертационной работы внедрены на кафедре

«Технология сварочного и металлургического производства имени В.И. Муравьева» в учебный процесс в дисциплинах «Современные сварочные материалы» при подготовке бакалавров по направлению 15.03.01 «Машиностроение» и «Сварка, родственные технологии и процессы» при подготовке магистров по направлению 15.04.01 «Машиностроение»

Замечания по работе следующие:

1. П. 1 научной новизны (стр.6): «...определены основность, химическая активность и теплофизические свойства флюса, обеспечивающие требуемые технологические характеристики и качество соединения». Данные определения и расчеты не являются предметом научной новизны.
2. Информация на стр. 35-44 о техногенных отходах и их влиянии на окружающую среду избыточна, более того данные за 2020-21 годы могут быть неактуальны.
3. Отсутствует обоснование почему за прототип выбран флюс АН-42.
4. Отсутствуют выводы по второй главе.
5. В работе отсутствует первоначальный состав основы флюса.
6. Не понятно, откуда в наплавленном слое появился никель. Хотя далее по тексту он отсутствует.
7. Не на всех фото микроструктур указаны обозначения структурных составляющих, что затрудняет их анализ.
8. В диссертации достаточно широко освещены вопросы замеров микротвёрдости по глубине наплавленного металла, однако нет данных по изменению его состава.
9. Не ясно проводились ли эксплуатационные испытания в условиях ударных нагрузок.
10. В третьей главе очень много внимания уделяется шлаковой корке, не совсем понятно цель данного исследования.
11. В диссертационной работе имеются незначительные ошибки и опечатки

Замечания по диссертации, отмеченные выше, не снижают научно-практическую ценность, не ставят под сомнение актуальность, обоснованность и достоверность теоретических и практических результатов исследований.

Заключение по диссертационной работе.

Диссертационная работа Старцева Егора Андреевича является завершённой научно-квалификационной работой, в которой автор на высоком научно-практическом уровне решил задачу установления закономерности формирования структуры и свойств неразъёмных соединений из низкоуглеродистой стали, полученных под слоем альтернативного флюса при электродуговом воздействии.

Выводы, закономерности и рекомендации, полученные в рамках проведенных экспериментальных и теоретических исследований, имеют научное обоснование и соответствуют общепринятым положениям в соответствующих областях знаний. Они вносят значительный вклад в развитие материаловедения и обладают высокой научно-практической ценностью. Результаты работы неоднократно обсуждались на профильных заседаниях научных и образовательных учреждений, а также были всесторонне представлены в 16 печатных публикациях.

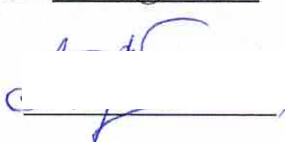
Структура диссертационного исследования характеризуется логичностью и последовательностью изложения материала, что обеспечивает его легкое восприятие и понимание. В работе отсутствуют нарушения причинно-следственных связей, что свидетельствует о высоком уровне научной проработки и методологической обоснованности исследования. Автореферат диссертации полностью соответствует основному содержанию работы, отражая ее ключевые аспекты и общий смысл проводимых исследований. В нем представлен анализ результатов исследования и положений, выносимых на защиту, что позволяет читателю получить полное представление о научной новизне и практической значимости работы. Диссертационное исследование соответствует критериям, установленным пунктами 9-14 "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а также паспорту научной специальности 2.6.17 "Материаловедение (технические науки)".

На основании вышеизложенного, автор диссертационного исследования Старцев Егор Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – "Материаловедение (технические науки)".

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение), доцент кафедры «Транспортно-технологические комплексы» ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», г. Хабаровск, ул. Серышева 47

Тел.: +7(4212) 407-365. Email: atenia@mail.ru



Атеняев Александр
Валерьевич

Подпись официального оппонента заверяю:

