

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Крюкова Романа Евгеньевича

«Обоснование применения углеродфторсодержащей флюсовой добавки при сварке стальных металлоконструкций, эксплуатируемых при отрицательных температурах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 Сварка, родственные процессы и технологии.

Актуальность работы. В связи с освоением территорий Крайнего севера задача соответствия качества сварных соединений требованиям нормативной документации, предъявляемым к металлоконструкциям, эксплуатируемых при экстремально низких температурах, является, безусловно, **актуальной**. Одним из способов решения этой задачи является разработка новых флюсов и добавок к ним, а также технологических приемов сварки с их применением.

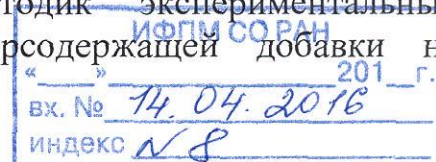
Диссертационная работа Крюкова Р.Е. посвящена обоснованию принципов выбора углеродфторсодержащей добавки к флюсам, используемым при сварке стальных резервуарных металлоконструкций в северном исполнении, и исследованию её влияния на структуру металла шва и механические свойства при отрицательных температурах.

Структура и содержание диссертационной работы. Диссертация Крюкова Р.Е. состоит из введения, 4-х глав, заключения и приложения, всего 152 страницы, включая 66 рисунков, 20 таблиц и списка литературы из 171 наименования. По оформлению, структуре, содержанию работы и стилю изложения замечаний нет.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы исследования, показана степень разработанности темы, определены цель исследований и задачи, решение которых необходимо для ее достижения, сформулирована научная новизна и ценность работы, показана практическая значимость и связь с государственными программами и НИР, описана методология и методы исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, представлена структура диссертации.

В первой главе проведен анализ основных проблем технологии сварки под флюсом и способы их решения. Повышенное внимание обзора уделялось влиянию неметаллических включений, содержания кислорода, водорода и азота на комплекс физико-механических свойств сварных швов. Также в главе поставлены задачи исследования.

Во второй главе представлен алгоритм разработки технологии производства углеродфторсодержащей добавки и сварки под флюсом. Приведено описание методов теоретических расчетов термодинамических характеристик окислительно – восстановительных реакций и процессов удаления водорода с помощью фторсодержащих компонентов при сварке под флюсом. Подробно описан комплекс методик экспериментальных исследований влияния введения углеродфторсодержащей добавки на



качество сварного шва (механических свойств, макро- и микроструктуры, неметаллических включений, содержания кислорода, водорода, азота), а также экологичность технологии.

В третьей главе приведены результаты исследования восстановительных свойств раскислителей при электросварке под флюсом. Автором показана возможность применения углерода для восстановления оксидов при автоматической сварке под флюсом. Установлено, что марганец как восстановитель эффективен в интервале температур до 1670 К, кремний - до 1940 К, выше данных температур возможно восстановление углеродом с образованием CO. Также проведена сравнительная оценка влияния различных фторсодержащих соединений для оценки термодинамической вероятности протекания реакций в системе жидкий металл шва – оксидный расплав – газ. Установлено, что удаление водорода целесообразно проводить за счет введения во флюсы фторсодержащего соединения Na_3AlF_6 , разлагающегося при температурах сварочных процессов 1700 – 2200 К с выделением фтора, который, в свою очередь, взаимодействует с водородом, растворенным в стали, с образованием газообразного соединения HF.

Четвертая глава содержит результаты разработки технологий приготовления углеродфторсодержащей добавки ФД-УФС и сварки под флюсами АН-348, АН-60 и АН-67 с применением углеродфторсодержащей добавки. Установлено положительное влияние введения в сварочные флюсы АН-348, АН-60, АН-67 флюс-добавки ФД-УФС на структуру и ударную вязкость металла сварных швов при отрицательных температурах. Использование флюс-добавки ФД-УФС при сварке стали 09Г2С под флюсом АН-348 увеличивает показатели ударной вязкости KCU^{40} на 80 %, АН-60 KCV^{20} - на 40 %, АН-67 KCV^{20} - на 40 %. Установлено оптимальное количество вводимой во флюсы добавки в количестве 6%. На основании экспериментальных исследований разработаны технические условия ТУ 5929-007-01395874-2015 для подготовки и использования углеродфторсодержащей флюс-добавки, предназначенной для повышения ударной вязкости металла сварного шва.

Закключение содержит основные результаты и выводы диссертационной работы, подтверждающие выполнение поставленной цели и задач исследования.

Научная новизна исследования и полученных результатов.

Соискателем в диссертационной работе получен ряд новых научных результатов:

- на основе имеющихся термодинамических данных проведены расчеты стандартных энергий Гиббса и определены условия протекания в сварочной ванне реакций восстановления оксидов FeO, MnO, SiO_2 , Al_2O_3 с использованием Si, Mn, Al, C, CO, CO_2 ; взаимодействия фторсодержащих соединений Na_3AlF_6 , SiF_4 , Na_2SiO_3 , CaF_2 с водородом;

- предложены механизмы влияния углерода и фторсодержащих соединений, содержащихся во флюсах, на качество металла сварного шва; протекания окислительно-восстановительных процессов при дуговой сварке

под флюсом с использованием углерода; удаления водорода за счет фторсодержащих соединений, введенных во флюс в процессе сварки;

- доказана возможность повышения ударной вязкости металла сварного шва при низких температурах и снижения количества кислорода, водорода и азота в металле сварного шва при введении предложенной углеродфторсодержащей добавки к флюсу.

Научная и практическая значимость.

Результаты исследования Р.Е. Крюкова вносят вклад в развитие науки о сварке. Изучение механизма протекания окислительно-восстановительных процессов и удаления водорода при дуговой сварке под флюсом и совокупность экспериментальных данных позволяет расширить представления о роли углерода и фторсодержащих соединений в процессах уменьшения газонасыщенности металла сварного шва и повышения механических свойств и ударной вязкости сварного шва при отрицательных температурах.

Практическое значение результатов работы заключается в разработке рекомендаций для создания технологии производства углеродфторсодержащей добавки для сварочных флюсов ФД-УФС из техногенных отходов – пыли газоочистки алюминиевого производства. Экспериментально подтвержденное положительное влияние введения в сварочные флюсы АН-348, АН-60, АН-67 флюс-добавки ФД-УФС на ударную вязкость металла сварных швов при отрицательных температурах позволяет производить металлические конструкции, имеющие высокую эксплуатационную надежность и удовлетворяющие действующим Государственным стандартам и Техническим условиям. Разработанные технологические рекомендации для использования углеродфторсодержащих добавок (Технические условия ТУ 5929-007-01395874-2015) и производства флюс-добавки, предназначенной для повышения механических свойств и ударной вязкости сварного шва апробированы на ОАО «НЗРМК им. Н.Е. Крюкова» (г. Новокузнецк). Результаты диссертационного исследования используются в ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» в учебном процессе подготовки студентов, обучающихся по направлению 150400 - «Металлургия», профиль «Металлургия сварочного производства».

Обоснованность и достоверность основных положений, выносимых на защиту, результатов и выводов работы подтверждается представительным объемом экспериментальных данных, высокой степенью воспроизводимости результатов экспериментов, использованием статистических методов обработки экспериментальных данных, а также эффективностью предложенных технических решений, подтвержденной результатами лабораторных и промышленных испытаний и внедрением в производство.

Содержание диссертационной работы, ее цель, задачи, методы исследования и научная новизна соответствует п.2. и п.4. Паспорта специальности 05.02.10 Сварка, родственные процессы и технологии

«Металлургические процессы в сварочной ванне, кристаллизация сварных швов» и «Технологические основы сварки плавлением и давлением».

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию, отражает актуальность работы, ее цель и задачи, научную новизну, практическую значимость, обоснованность и достоверность научных положений, результатов и выводов.

Публикация основных результатов диссертации в научной печати. Результаты научных исследований, представленных в диссертации опубликованы в 36 работах, в том числе в 10 статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ, а новизна предложенных технических решений защищена 2 патентами Российской Федерации. Необходимо отметить обширную апробацию работы на международных и всероссийских конференциях.

Замечания по диссертации

1. При анализе диссертационной проблемы в первой главе представлены ссылки на основополагающие публикации, но давних, 1943, 1966 годов, и недостаточно на ссылки современных исследователей.

2. В первых главах диссертации (с.72-74 и других), также, как и в автореферате (с.8) излишне подробно представлены простейшие уравнения из физико-химических основ, затрудняющие общее понимание логики и сути анализа.

3. Выводы по главе 1 не в явной форме вытекают из результатов анализа, хотя задачи исследования поставлены чётко и грамотно.

4. Испытания образцов на ударную вязкость проводилось с разными надрезами (U и V) и при разной температуре (минус 40°C и минус 20°C). Из текста диссертации не ясно какова этому причина?

5. Вызывают большие сомнения данные по столь существенному увеличению ударной вязкости металла шва (до 80%) стали 09Г2С после сварки с флюсом и углеродфторсодержащей добавкой, да ещё при двух важных факторах: небольшом, но всё-таки повышении твёрдости шва и испытаниях при отрицательных температурах. Следует обязательно прокомментировать эти факты и представить объяснение механизма повышения ударной вязкости.

Тем не менее, указанные замечания не снижают общего положительного впечатления о диссертационном исследовании и при положительных отзывах и актах практического использования на действующем предприятии не опровергают основные результаты работы.

Диссертационная работа Р.Е. Крюкова в целом по своим целям, задачам, структуре, содержанию, методам исследования и научной новизне соответствует паспорту специальности 05.02.10 Сварка, родственные процессы и технологии п.2. «Металлургические процессы в сварочной ванне, кристаллизация сварных швов» и п.4. «Технологические основы сварки плавлением и давлением».

Считаю, что диссертация Крюкова Романа Евгеньевича «Обоснование применения углеродфторсодержащей флюсовой добавки при сварке

