

АО «КОНЦЕРН ПВО «АЛМАЗ-АНТЕЙ»



**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
СПЕЦИАЛЬНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ»
(АО «КБСМ»)**



пр. Обуховской Обороны, д.120, лит. ЕЧ, Санкт-Петербург, 192012
Тел.: (812) 665-56-00; Факс: (812) 665-57-99, E-mail: kbsm@mail.admiral.ru
ОКПО 07560280, ОГРН 1037804017140, ИНН/КПП 7802205799/783450001

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор,
генеральный конструктор АО «КБСМ»
к.т.н. В.Г. Долбенков



[Signature]
» 02 2016г.

ОТЗЫВ

ведущей организации АО «Конструкторское бюро специального машиностроения» («КБСМ») на диссертационную работу «Разработка технологии сварки контейнеров для хранения и транспортировки отработавшего ядерного топлива, обеспечивающей хладостойкость сварных соединений при температурах до минус 50°C» соискателя ученой степени кандидата технических наук Скутина В.С. по специальности 05.02.10 - сварка, родственные процессы и технологии

Актуальность работы

В настоящее время возрастающая опасность радиоактивного загрязнения окружающей среды отходами объектов атомной энергетики вызывает серьезное беспокойство во всем мире, обуславливая проблему обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) как проблему международного уровня.

В Российской Федерации переполнение пристанционных хранилищ атомных электростанций отработавшим ядерным топливом, а также утилизация транспортных энергетических установок ледокольного и военно-морского флота привели к созданию новой концепции обращения с ОЯТ на основе использования транспортно-упаковочных комплектов металлобетонных контейнеров (ТУК МБК).

Вх. № <u>481</u>	Исполнено
<u>16</u> <u>02</u> <u>20</u> <u>16</u>	В ДЕЛО
Основн. <u>8</u> л.	№ _____
Прил. _____ л.	подп. _____

Ключевые стратегические приоритеты данной концепции включают в себя многобарьерную изоляцию ОЯТ, возможность его длительного сухого хранения (на срок до 50 лет), возможность отправки ОЯТ в любой момент с территории временных хранилищ к местам переработки и захоронения, обеспечение надежной защиты окружающей среды в сочетании с экономичностью и конкурентоспособностью отечественного контейнерного оборудования.

Основным условием обеспечения ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ТУК МБК является сохранение его герметичности при нормальной эксплуатации и в аварийных ситуациях при экстремально низких температурах. Поэтому, основной металл и сварные соединения силовых элементов ТУК МБК из низколегированной кремнемарганцовистой стали 09Г2СА-А должны обеспечивать сопротивление хрупкому разрушению при температурах до -50°C .

Важность и актуальность работы Скутина В.С. определяется тем, что до настоящего времени отсутствовали технологии сварки кремнемарганцовистых сталей с использованием толстостенных поволоков (в толщинах до 350 мм), которые обеспечивали бы требуемую хладостойкость сварных соединений при -50°C .

Для освоения промышленного производства ТУК МБК потребовалось создание технологии ручной, механизированной и автоматической дуговой сварки под флюсом стали 09Г2СА-А, обеспечивающей качество, надежность и работоспособность сварных металлоконструкций контейнеров как в исходном состоянии после сварки, так и после проведения высокого отпуска.

На основании выполненных в диссертационной работе исследований получены результаты, обладающие научной новизной.

1. Выявленные причины резкого снижения хладостойкости металла низколегированного шва в результате проведения высокого отпуска позволяют расширить современные научные представления о влиянии послесварочной термообработки на фазовые и структурные превращения в исходной микроструктуре шва композиции C-Mn-Si и C-Mn-Ni.

2. Установленные закономерности структурообразования в зависимости от скоростей охлаждения в высокотемпературном интервале 1200-800 °С и интервале температур наименьшей устойчивости аустенита 800-500 °С позволяют управлять формированием хладостойкой структуры металла шва, характеризующейся высокой устойчивостью к распаду при отпуске. Это является значительным шагом в развитии научных подходов при разработке технологии сварки металлоконструкций, подвергаемых послесварочной термообработке.

3. Полученные зависимости ударной вязкости KCV^{50} от процентного содержания перекристаллизованной структуры в сечении металла шва вызывают большой интерес, так как позволяют прогнозировать изменение хладостойкости шва в состоянии до и после высокого отпуска с учетом влияния технологических параметров сварки на форму и геометрические размеры сварочных валиков при заполнении разделки.

4. Впервые научно обоснована и экспериментально доказана возможность использования экономнолегированных безникелевых сварочных материалов композиции С-Mn-Si для сварки кремнемарганцовистой стали с обеспечением хладостойкости металла шва при температуре минус 50 °С в состоянии до и после проведения высокого отпуска.

5. Особую ценность представляют результаты исследования влияния параметров сварочного режима на характеристики термического цикла в различных участках металла ЗТВ сварных соединений стали 09Г2СА-А. Установленные оптимальные сочетания технологических параметров сварки позволяют решить традиционную для кремнемарганцовистых сталей проблему формирования крупнозернистой структуры на участке перегрева ЗТВ и обеспечить требуемую хладостойкость сварных соединений при -50 °С.

6. На основе полученных экспериментальных зависимостей и результатов исследований обосновываются, подтверждаются и, что очень важно, предлагаются пути практической реализации условий формирования хладостойкой при температурах до минус 50 °С структуры металла сварных соединений из кремнемарганцовистой стали, как в исходном состоянии после сварки, так и после проведения высокого отпуска.

Несомненная практическая значимость выполненной работы заключается в следующем:

1. Разработана и освоена в отечественной промышленности технология сварки металлоконструкций из кремнемарганцовистой стали 09Г2СА-А контейнеров для ОЯТ, обеспечивающая высокую ударную вязкость металла шва и ЗТВ сварных соединений при $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ в состоянии до и после проведения высокого отпуска.

Сформулированы требования, позволяющие обеспечить формирование хладостойкой структуры сварных соединений из стали 09Г2СА-А:

- в части технологии сварки – оптимизация параметров сварки и величины погонной энергии, последовательное заполнение разделки в раскладку валиками, обеспечивающее количество перекристаллизованной структуры в сечении шва не менее 35%, регламентирование межваликовой температуры на уровне $\leq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ограниченное содержание вредных примесей в сварочных материалах ($S \leq 0,012\text{ } \%$, $P \leq 0,013\text{ } \%$);

- в части полуфабрикатов из стали 09Г2СА-А - необходимость обеспечения однородной структуры основного металла с 7-8 баллом зерна, минимальные сдаточные значения ударной вязкости $KCV^{50} \geq 98\text{ Дж/см}^2$.

2. В результате модернизации сварочных материалов композиции типа С-Mn-Si разработаны ТУ 5.965-11840-2004 «Проволока стальная сварочная марок Св-08ГСА-А и Св-08Г2СА-А» и ТУ 5.965-11839-2004 «Электроды марок УОНИИ-13/55АА и УОНИИ-13/45АА». Указанная документация включена в проектную документацию на ТУК МБК.

3. Использование разработанной технологии сварки и сварочных материалов композиции С-Mn-Si для сварки металлоконструкций ТУК МБК из стали 09Г2СА-А согласовано Федеральной службой по атомному надзору РФ («Ростехнадзором»). Результаты работы отражены в части требований РД5.УЕИА.3153/3232-99 «Руководящий документ. Сварка, наплавка и термическая обработка основного металла и сварных соединений деталей и узлов металлобетонных контейнеров транспортно-упаковочного комплекта».

Общая характеристика работы

Тематика данной диссертационной работы является перспективной и актуальной как с научной, так и с практической точки зрения. Цели и задачи автором сформулированы четко и ясно, объекты исследований выбраны логично и обосновано, комплексные исследования проведены системно, тщательно, скрупулёзно и с большой обстоятельностью. В результате выполненных исследований и полученных закономерностей автором установлены условия формирования хладостойкой при $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ структуры металла шва и ЗТВ сварных соединений из кремнемарганцовистой стали 09Г2СА-А. На основании выполненных работ разработана технология сварки контейнеров для ОЯТ, которая прошла аттестацию и успешно применяется предприятиями-изготовителями ТУК МБК. Практическая значимость не вызывает сомнений и подтверждается представленными в приложении сертификатами на модернизированные сварочные материалы и актами внедрения разработанной технологии.

Следует отметить аккуратный, точный и развернутый стиль изложения научного материала, представленного в диссертационной работе. Содержание полностью соответствует заявленной специальности. Выводы достаточно логичны и обоснованы, отражают суть проделанной работы и соответствуют современным научным представлениям.

Основные результаты работы опубликованы в 17 печатных трудах, из них 3 в рецензируемых журналах из перечня ВАК, 1 в международном издании, включенном в международные базы цитируемости, разработки защищены 3 патентами РФ.

Автореферат полностью и корректно отражает основное содержание диссертации в доступном изложении.

Личный вклад автора четко представлен в диссертации и автореферате, он заключается в постановке задач исследований, планировании и подготовке экспериментов, руководстве и непосредственном участии в их проведении, получении, анализе и обобщении научных результатов, разработке технологии сварки стали 09Г2СА-А и промышленном ее освоении.

Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Результаты работы уже нашли широкое применение при изготовлении металлобетонных контейнеров для хранения и транспортировки ОЯТ атомных электростанций и транспортных энергетических установок.

Модернизированные кремнемарганцовистые сварочные материалы включены в конструкторскую документацию на различные виды ТУК МБК.

Установленные и обоснованные в работе требования отражены в руководящей документации на сварку контейнерного оборудования.

Разработанная технология сварки стали 09Г2СА-А, обеспечивающая хладостойкость сварных металлоконструкций ТУК МБК при -50°C , успешно освоена при изготовлении ТУК-120, ТУК-108/1, ТУК-109, УХХ-123 в ОАО «ПО «Севмаш», ТУК-109, УХХ-123, ТУК-104 в ЗАО «Энерготекс», ТУК-109 в ОАО «Ижорские заводы», ТУК-104 в ОАО «Савеловский машиностроительный завод» и ОАО «Уралхиммаш».

Необходимо отметить, что в настоящее время указанные типы металлобетонных контейнеров эксплуатируются как в нашей стране, так и в ближнем зарубежье (республика Казахстан). При этом хладостойкость сварных металлоконструкций из стали 09Г2СА-А подтверждена изготовлением и испытанием при -50°C производственных контрольных сварных соединений, идентичных наиболее ответственным узлам ТУК МБК.

Безусловно, область применения разработанной в диссертационной работе Скутина В.С. технологии сварки низколегированной кремнемарганцовистой стали может расширяться за счет использования в других отраслях промышленного производства при изготовлении объектов для низкотемпературной эксплуатации (сосуды давления, подъемно-транспортное оборудование, мостостроение и т.п.).

Замечания по диссертационной работе:

1. В конструкции ТУК МБК присутствуют разнородные сварные соединения из стали феррито-перлитного класса 09Г2СА-А и стали аустенитного класса 08Х18Н10Т, а также выполняются антикоррозионные покрытия из аустенитных наплавочных материалов. В связи с этим возникает вопрос - будет ли обеспечиваться хладостойкость указанных сварных соединений и наплавленных покрытий при температуре минус 50 °С со стороны стали 09Г2СА-А.
2. Толщина сварных соединений ТУК МБК составляет преимущественно 25 мм, однако из выводов работы не ясно возможно ли использование разработанной технологии сварки стали 09Г2СА-А для выполнения более толстостенных сварных соединений с обеспечением требований по хладостойкости.
3. Не регламентирована скорость подачи присадочной проволоки для механизированной дуговой сварки в смеси защитных газов.
4. В литературном обзоре следовало бы рассмотреть примеры зарубежных контейнеров для ОЯТ, их конструктивные особенности, используемые основные и сварочные материалы, а также технологии их изготовления.

В качестве пожелания отметим, что в дальнейшем целесообразно оценить возможность использования разработанной технологии сварки стали для изготовления сварных металлоконструкций с обеспечением хладостойкости при температурах более низких, чем минус 50 °С.

Перечисленные в отзыве замечания не снижают научной и практической ценности выполненной работы, а также ее высокой оценки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

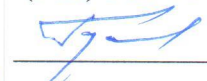
Диссертация Скутина Виталия Сергеевича «Разработка технологии сварки контейнеров для хранения и транспортировки отработавшего ядерного топлива, обеспечивающей хладостойкость сварных соединений при температурах до минус 50°С» является целостной и законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, которая способствует решению актуальной для отечественной промышленности научно-технической задачи изготовления надежного и работоспособного контейнерного оборудования для обеспечения ядерной и радиационной безопасности при обращении с отработавшим ядерным топливом.

По критериям актуальности темы, научной новизны и практической значимости полученных результатов диссертационная работа полностью соответствует п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013г. №842), а ее автор, Скутин Виталий Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 - сварка, родственные процессы и технологии.

Отзыв на диссертацию Скутина В.С. рассмотрен и одобрен на расширенном совещании АО «КБСМ», протокол № 200 от 12 февраля 2016г.

Заместитель генерального конструктора,
начальник комплекса №1-
главный конструктор, д.т.н.

Гуськов
Владимир Дмитриевич
(812) 665-56-10


« 15 » 02 2016г.

Одновременно

16.02.16

