

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Зыкова Сергея Алексеевича «Влияние конструктивных и технологических факторов сварки на свойства сварных соединений из алюминиевых сплавов при криогенных температурах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 – «Сварка, родственные процессы и технологии»

Актуальность работы

Рост потребления энергоресурсов, который наблюдается в современном мире, приводит к поиску и освоению все более эффективных энергоисточников, к которым относится сжиженный природный газ (СПГ). Территориальная удаленность месторождений газа от потребителей вызывает необходимость транспортировки сжиженного газа на значительные расстояния.

Транспортировка газов на протяженные расстояния, исключая применение трубопроводов, осуществляется судами-газовозами, сферические резервуары которых изготавливаются из зарубежного алюминиевого сплава типа 5083. Отечественным аналогом, близким по своим свойствам зарубежному сплаву, является алюминиево-магниевый сплав 1550, широко применяемый в изготовлении изделий криогенного применения.

Необходимость увеличения водоизмещения строящихся судов-газовозов делает актуальным вопрос повышения эксплуатационных характеристик конструкций систем хранения груза указанных судов. В этом отношении в качестве материалов для танков судов-газовозов экономически целесообразным и перспективным признано применение более прочных деформируемых термически не упрочняемых алюминиевых сплавов.

К таким сплавам относится новый, разработанный с участием ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», деформируемый алюминиево-магниевый сплав марки 1565ч, содержащий (5,5-5,9 %) магния.

Эффективность использования алюминиево-магниевых сплавов в конструкциях криогенного назначения определяется прочностными характеристиками сварных соединений в условиях низких температур.

Отсутствие сведений по оценке прочностных и пластических свойств металла различных участков сварных соединений этих сплавов при статическом, динамическом и циклическом нагружении в условиях низких

Вх. №	3936	Исполнено В ДЕЛО
15 11 20 16 г.		
Основн.	8	№

температур определяет актуальность выполнения исследований влияния конструктивных и технологических факторов сварки на обеспечение стабильности качества и повышение механических свойств сварных соединений из алюминиевых сплавов при криогенной температуре.

Таким образом, диссертационная работа Зыкова А.С., направленная на разработку технологии сварки плавлением деформируемых алюминий-магниевого сплава 1565ч и 1550, обеспечивающей высокий эксплуатационный ресурс и надежность сварных конструкций при криогенных температурах, является актуальной.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Представленная к оппонированию диссертация Зыкова А.С. состоит из введения, пяти глав, общих выводов по работе, библиографического списка из 120 наименований и приложений на 2 листах. Общий объем составляет 193 страницы печатного текста, включая 68 рисунков и 41 таблицу.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, определена научная новизна, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, представлены практическая значимость и апробация работы.

В первой главе представлен анализ отечественной и зарубежной научно-технической информации по основным направлениям диссертационной работы.

Показано, что алюминий-магниевые сплавы 1565ч и 1550 обладают необходимым комплексом свойств, что обеспечивает их соответствие основным условиям пригодности для использования в конструкциях, работающих при криогенных температурах.

Распространенными способами сварки плавлением алюминиевых сплавов являются аргонодуговые способы сварки неплавящимся электродом и плавящимся электродом. При сварке наблюдается разупрочнение алюминиевых сплавов, которое обусловлено формированием неоднородности свойств металла на различных участках сварного соединения.

Вредные последствия могут быть предупреждены технологическими мероприятиями (выбором состава присадочного металла, формированием мелкозернистой структура металла шва, снижением термического

воздействия на свариваемый металл) или конструктивными, направленными на снижение рабочих напряжений до уровня, допускаемого прочностью металла шва.

Рассмотрены и проанализированы требования Правил РМРС и Международной ассоциации классификационных обществ (МАКО), предъявляемые к деформируемым алюминий-магний-марганцевым сплавам, применяемым в морских конструкциях и их сварным соединениям.

Во второй главе описаны алюминиевые сплавы 1550 и 1565 для проведения исследований, рассмотрены методики и оборудование, используемое при решении поставленных задач, в том числе для обработки и исследования структуры, механических основного металла и сварных соединений. Приведены оригинальные методики диссертационного исследования, включающие экспериментальные испытания образцов наплавленного металла и стыковых сварных соединений, оценку значимости влияния конструктивных и технологических факторов на механические свойства сварных соединений на стандартных образцах по ГОСТ 6996 в диапазоне температур 77–293 К; испытания на вязкость разрушения при комнатной и криогенной температурах.

Содержание этой главы подтверждает высокую степень обоснованности и достоверности полученных результатов, поскольку применяются апробированные методики, реализуемые на сертифицированном оборудовании.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований металла, наплавленного присадочными материалами СвАМг5 (AlMg5,0Mn0,6), СвАМг61 (AlMg6,0Mn1) и Св1597 (AlMg6,0Mn1Sc), с целью оценки влияния повторных сварочных нагревов на структуру, состав и свойства наплавленного металла.

Установлено, что химический состав наплавленного металла в исследуемых зонах, различно расположенных по высоте наплавки, находится в пределах, регламентированных нормативно-технической документацией на присадочные материалы.

Качественная оценка результатов испытаний показала, что с вероятностью 95 % можно пренебречь влиянием повторных сварочных нагревов при многопроходной сварке и способом сварки на свойства наплавленного металла и признать существенными только химический

состав, температуру испытаний и наличие искусственного концентратора напряжений. С понижением температуры испытаний временное сопротивление и условный предел текучести наплавленного металла возрастают. С понижением температуры испытаний относительное удлинение монотонно снижается и составляет при температуре 77 К 10-12%, 5-6% и 4-5%, соответственно для СвАМг5, СвАМг61 и Св1597.

Подобное изменение механических свойств отличает наплавленный (литой) металл от деформированных полуфабрикатов той же системы легирования, у которых при понижении температуры происходит рост прочности на 30-40 %.

Значения коэффициентов чувствительности к концентрации напряжений и вязкости металла в надрезе для металла, наплавленного исследуемыми составами присадочного материала, больше 1. Это позволило соискателю сделать вывод о пригодности присадочных материалов исследуемых составов для изготовления сварных конструкций криогенного применения.

В четвертой главе представлены результаты исследования влияния конструктивных и технологических факторов сварки на механические свойства сварных соединений алюминиевых сплавов 1565ч и 1550 при криогенных температурах.

Установлено, что с понижением температуры испытаний в сварных соединениях сплава 1550 происходит низкотемпературное упрочнение аналогично основному металлу, практически с тем же темпом (рисунок 6, а). Коэффициент прочности сварных соединений сплава 1550 составляет не менее 0,9 от прочности основного металла, т.е. использование присадочного материала СвАМг5 обеспечивает достижение максимальных прочностных свойств не только при комнатной, но и при криогенной температуре.

Сварные соединения сплава 1565ч, выполненные присадочным материалом СвАМг61 характеризуются меньшим темпом роста прочности при криогенной температуре, чем основной металл.

В диссертации научно обоснована и экспериментально доказана возможность повышения прочности сварных соединений алюминиевых сплавов 1565ч и 1550, в том числе при криогенных температурах, до уровня прочности основного металла за счет конструктивно-технологического оформления сварного шва наплавкой валиков по границе сплавления с

основным металлом, использования присадочных материалов, содержащих скандий, и применения способа сварки в твердой фазе с целью формирования в металле шва и зоны сплавления мелкозернистой структуры.

Соискателем экспериментально установлено изменение характера разрушения сварных соединений сплавов 1550 и 1565ч, выполненных аргонодуговой сваркой, с понижением температуры испытаний от комнатной до криогенной: от металла шва и зоны сплавления к зоне термического влияния. Морфология излома образцов независимо места надреза и температуры испытания имеет ямочное строение, типичное для вязкого механизма разрушения.

В пятой главе на базе проведенных экспериментальных исследований свойств сварных соединений из алюминиевых сплавов 1565ч и 1550 при комнатной и криогенной температурах, оценки зависимости свойств от влияния конструктивных и технологических факторов сварки выполнен обоснованный выбор сварочных материалов, позволяющий обеспечить равнопрочность сварных соединений при сварке, разработаны технологии сварки плавлением в защитных газах неплавящимся и плавящимся электродом полуфабрикатов толщиной от 5 до 80 мм и исследовано влияние конструктивных и технологических факторов сварки на обеспечение заданного уровня механических свойств и стабильность качества сварных соединений из алюминиевых сплавов 1550 и 1565ч при криогенной и комнатной температурах.

Разработаны предложения для включения в Правила РМРС требований к сварным соединениям деформируемых алюминиевых сплавов 1565ч и 1550, допущенных к применению в системах хранения груза газозовозов.

Оценка новизны полученных результатов и выводов.

Научная новизна результатов диссертации Зыкова С.А. определена тем, что:

1. Научно обоснована и экспериментально доказана возможность повышения прочности сварных соединений алюминиевого сплава 1565ч, в том числе при криогенных температурах, до уровня прочности основного металла, за счет конструктивно-технологического оформления сварного шва, а также использования присадочных материалов, содержащих скандий, и применения способа сварки в твердой фазе с целью формирования в металле шва и зоны сплавления мелкозернистой структуры.

2. Установлено, что наплавленный металл исследуемых составов 1565ч и 1550 характеризуется низкой чувствительностью к надрезу независимо от температуры испытаний и высокой вязкостью в надрезе.

3. Установлено, что наплавленному металлу исследуемых составов присуще низкотемпературное упрочнение в диапазоне температур 77– 293 К, рост которого составляет 10–15 % от прочности наплавленного металла при комнатной температуре. Показано, что характер низкотемпературного упрочнения сварных соединений идентичен для основного и наплавленного металла независимо от марки алюминиевого сплава и способа сварки плавлением с использованием сварочной проволоки по химическому составу близкой к свариваемому сплаву (СвАМг61 или Св1597 для сплава 1565ч и СвАМг5 для сплава 1550),

Практическая значимость работы.

Разработана и освоена технология полуавтоматической импульсно-дуговой сварки в защитном газе листов и плит толщиной от 5,0 до 80,0 мм из нового деформируемого алюминиевого сплава 1565ч и сплава 1550, впервые допущенных Российским морским регистром судоходства (РМРС) к применению в системах хранения груза газовозов.

Выпущена нормативно-техническая документация РД5.УЕИА3622 «Сварка типовых соединений из алюминиево-магниевого катаных листов и плит толщиной до 80 мм для конструкций емкостей газовозов. Технологическая инструкция», распространяющаяся на сварку разработанного сплава 1565ч и сплава 1550.

Разработаны требования к сварочным материалам и сварным соединениям при сварке полуфабрикатов из алюминиевых сплавов 1565ч и 1550, одобренные Российским морским регистром судоходства (РМРС) для их включения в «Правила классификации и постройки морских судов», в том числе для применения в конструкциях систем хранения груза газовозов.

Автореферат отражает основные положения диссертации.

Большой массив экспериментальных результатов и использование диссертантом взаимно дополняемых экспериментальных методов исследования с применением современного аттестованного оборудования определяет достоверность и надежность полученных результатов, а также сформулированных заключений и выводов диссертации.

Результаты работы достаточно полно представлены в девяти научно-технических публикациях, включая 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК.

Диссертация Зыкова С.А. является завершенной научной работой, которая в целом, оформлена на достаточно высоком уровне. В диссертации представлены научно-обоснованные технические решения, направленные на разработку технологии сварки плавлением деформируемых алюминий-магниевого сплава 1565ч и 1550, впервые допущенных к применению в системах хранения груза газозавозов, обеспечивающей высокий эксплуатационный ресурс и надежность сварных конструкций при криогенных температурах. Указанные технические решения имеют существенное значение для производства сварных конструкций систем хранения груза в судах-газовозах.

Несмотря на достаточно высокий уровень работы, следует отметить ряд замечаний:

1. На стр.173 диссертации констатируется (вывод №8), «прочность сварных соединений деформируемых алюминиевых сплавов 1565ч и 1550, выполненных с использованием соответствующей сплавам категории присадочного материала (СвАМг61 и СвАМг5), при криогенных температурах не ниже их прочности при комнатной температуре». В связи с этим не ясно, чем вызвана необходимость разработки мероприятий по повышению прочности сварных соединений сплава 1565ч при криогенной температуре?

2. В материалах диссертации и автореферата не отмечены критерии выбора оптимального режима аргонодуговой сварки образцов алюминиевых сплавов, которые были использованы в исследованиях.

3. Из материалов диссертации не ясно почему для оценки вязкости и чувствительности к концентрации напряжений наплавленного металла выбран образец с кольцевым надрезом, обеспечивающим коэффициент концентрации напряжений $K_t = 5$. Проводились ли исследования образцов с другим (меньшим или большим) коэффициентом концентрации напряжений?

4. Известно, что при сварке алюминий-магниевого сплава с увеличением доли участия удельной поверхности присадочного материала (из-за уменьшения диаметра присадки) в формировании шва, возрастает интенсивность образования пор в металле шва. Как это обстоятельство

учитывалось при разработке технологии аргонодуговой сварки плавящимся электродом диаметром 1,6 мм?

5. В материалах диссертации было бы желательно представить сравнительные данные по механическим свойствам сварных соединений исследуемых отечественных алюминиевых сплавов с аналогичными свойствами сварных соединений зарубежных сплавов-аналогов, при криогенной температуре.

6. По оформлению автореферата необходимо указать, что на рис. 8 (страница 19) совершенно не читаемы величины, откладываемые по осям графиков.

Отмеченные отдельные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы и не снижают ее существенной научной и практической ценности.

Считаю, что представленная диссертация отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» утвержденном Постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а Зыков Сергей Алексеевич заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 – Сварка, родственные процессы и технологии.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор,
академик Международной академии
информатизации, начальник лаборатории
сварки АО «Российская самолетостроительная
корпорация «МиГ»



Овчинников Виктор Васильевич

Подпись Овчинникова В.В. заверяю

Начальник управления по личному
составу и трудовым отношениям



М.А. Платонов

08.11.16.

Акционерное общество «Российская самолетостроительная корпорация «МиГ», начальник лаборатории сварки, Овчинников Виктор Васильевич;
Почтовый адрес: 125284, Москва, 1-й Боткинский проезд, д. 7; Телефон: +7 495 721-81-00; Адрес электронной почты: mig@migavia.ru