

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, Коробова Юрия Станиславовича на диссертационную работу Алрухайми Анмар Гариб Атиях на тему: «Обеспечение сопротивляемости образованию холодных трещин высокопрочной судостроительной стали для одобрения технологии сварки», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 Сварка, родственные процессы и технологии.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Актуальность работы связана с необходимостью обеспечения сопротивляемости образованию холодных трещин в сварных соединениях судов ледового класса из высокопрочной стали РСЕ500ТМ, а также усовершенствования процедуры одобрения (аттестации) технологии сварки высокопрочных сталей.

По данным соискателя, при постройке корпусов судов ледового класса из высокопрочной стали РСЕ500ТМ в ряде случаев в сварных угловых швах имеются множественные дефекты в виде холодных трещин, для исправления которых требуется ремонт значительного количества блоков секций.

При этом трещины возникли в сварных швах, выполненных по технологии сварки, аттестованной по Правилам Российского морского регистра судоходства, которые не были нарушены. Трещины в основном обнаруживались в жестко заземленных швах при сварке по замкнутому контуру равнопрочной основному металлу проволокой. Поэтому корректировка правил РС и способы предотвращения образования холодных трещин высокопрочных судостроительных сталей является актуальной задачей.

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, библиографического списка 113 наименований, 4 приложений, содержит 172 страницу, включая 86 рисунков и 34 таблиц.

Во введении дано общее описание работы, обосновано ее актуальность, цель, задачи, выносимы на защиту, предоставлена научная новизна и практическая значимость результатов.

В первой главе показано, что существующие расчетные методы оценки сопротивляемости образования холодных трещин были разработаны достаточно давно на сталях, которые были подвержены закалке в ЗТВ, в то время как современные экономнолегированные стали в меньшей мере склонны к образованию закалочных структур и разрушаются в основном по сварному шву, а не по ЗТВ.

Автором показано, что экспериментальные методы гарантируют учет всех физико-химических процессов, которые происходят в сварном шве (тепловые процессы, выход водорода, наличие сварочных напряжений) и поэтому на данный этапе их применению стоит уделять большее внимание.

Во второй главе разработаны критерии выбора пробы, проведен их анализ и обоснован выбор пробы «Тэккен» для одобрения технологии сварки судокорпусных конструкций. Проведено компьютерное моделирование остаточных сварочных напряжений при применении различных по пределу текучести проволок на пробе «Тэккен», которое показало, что внедрение «мягких» проволок снижает остаточные растягивающие напряжения и, соответственно, риск образования холодных трещин. Также на пробе «Тэккен» были получены экспериментальные результаты сварки высокопрочной стали «мягкими» электродами при отрицательных температурах без подогрева за счет варьирования погонной энергией сварки. Проведено сравнение результатов компьютерного моделирования и натурального эксперимента, которое показало их хорошую сходимость.

В третьей главе разработана методика оценки конструкционной прочности, которая позволяет сконструировать равнопрочное сварное соединение с «мягким» швом из условия вязкого, квазихрупкого, хрупкого и усталостного разрушения. Выполненный расчет показал целесообразность применения «мягких» швов не только с позиции технологической прочности сварного соединения, но и

с позиции его работоспособности, особенно при наличии риска хрупкого и усталостного разрушения.

В четвертой главе представлена разработанная методика одобрения технологических процессов сварки высокопрочных сталей с оценкой сопротивления сварного соединения образованию холодных трещин для Российского морского регистра судоходства.

Также было предложено ограничить область одобрения погонной энергии сварки без права её снижения и увеличить число проб для ручной дуговой сварки для исключения «человеческого» фактора.

В Заключение дано заключение и обобщены результаты.

Приложения служат для пояснения полноты исследования, обоснования будущих исследований, приложен АКТ внедрения, список рисунков и список таблиц.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При решения поставленных задач использованы методы компьютерное моделирование сварочного термо-деформационного цикла в программном комплексе ESI SYSWELD; численное моделирование статической и циклической прочности в программном комплексе ANSYS; металлографические исследования проводились на оптическом микроскопе, дюрOMETрические – на твердомере ТВ-5214 А; экспериментальные исследования проводились на сварочном роботе FANUC ARC Mate 120iC, позволяющем выполнять сварные соединения с высокой степенью повторяемости режимов сварки.

ЦЕЛЬ, НОВИЗНА, ОБОСНОВАННОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Важность и актуальность диссертационной работы соискателя Алрухайми Анмар Гариб Атиях обусловлена тем, что соискателем предлагается комплексное решение проблемы предотвращения образования холодных трещин в высокопрочной судостроительной стали при одобрения технологии сварки.

Сформулированная соискателем цель работы - разработка методики оценки и способов регулирования сопротивления образованию холодных трещин сварных соединений судостроительных высокопрочных сталей при одобрении технологических процессов сварки, определила перечень решаемых задач:

1. обоснование типа пробы и области её применения для оценки сопротивления образованию холодных трещин высокопрочных сталей;
2. проведение экспериментального исследования технологической прочности сварных соединений высокопрочной стали РСЕ500ТМ с оценкой степени значимости погонной энергии, температуры начала сварки, группы прочности сварочных материалов на сопротивляемость образованию холодных трещин на предлагаемой пробе;
3. разработка методики и проведение расчётной оценки конструкционной прочности сварных соединений с «мягкими» угловыми швами для применения их в судокорпусных конструкциях;
4. разработка предложений по совершенствованию методики одобрения технологических процессов сварки для ФАУ «Российский морской регистр судоходства».

Сформулированные автором задачи охватывают основные проблемы свариваемости современных экономнолегированных высокопрочных сталей, которые определяют их практическое применение для судокорпусных конструкций.

В ходе выполнения исследований получены значимые результаты, обладающие научной новизной:

- 1) применение «мягких» сварочных материалов категории Y42 без предварительного подогрева в диапазоне температур от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше позволяет обеспечить сопротивление образованию холодных трещин стали РСЕ500ТМ, в том числе за счет образования ферритно-бейнитной структуры с ферритом игольчатой морфологии не менее 40 % и снижением растягивающих остаточных сварочных напряжений на 100–120 МПа.

2) разработана методика оценки конструкционной прочности сварных соединений с «мягкими» угловыми швами из условия обеспечения статической прочности и усталостной долговечности.

Несомненная **практическая значимость** работы заключается в разработанных рекомендациях по обеспечению сопротивляемости образованию холодных трещин сварных соединений, позволяющие решать инженерные задачи по разработке технологии сварки экономнолегированных высокопрочных сталей, а также усовершенствованной процедуре одобрения технологических процессов сварки корпусных конструкций, изготовленных из высокопрочной стали, при постройке и ремонте судов, в части оценки сопротивления образованию холодных трещин на пробе «Тэккен» при сварке на минимальной погонной энергии (представлен акт внедрения в нормативную документацию ФАУ «Российский морской регистр судоходства» в НД № 2-020101-118 «Правила технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов»

ЗАМЕЧАНИЯ И ВОПРОСЫ ПО РАБОТЕ

1. Необходимо указать цели компьютерное моделирования? Какой из блоков внедренной методики содержит результаты компьютерного моделирования?

2. Необходимы пояснения выбора допускаемой по методике критической длины трещины 0,5 мм. В автореферате встречается также трещины длиной около 2 мм и выше.

3. В работе не представлены проволоки сплошного сечения, широко используемые для сварки конструкций рассматриваемого в работе класса. Необходимо привести критерии выбора сварочных проволок.

Указанные замечания не являются критическими и не снижают научной ценности и практической значимости представленной работы.

Считаю, что диссертационная работа по критериям актуальности, новизны полученных результатов, их достоверности соответствует специальности 2.5.8 Сварка, родственные процессы и технологии и критериям, установленным п.9 Положением о присуждении ученых степеней в УрФУ, а её автор, Алрухайми Анмар

Гариб Атиях заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 Сварка, родственные процессы и технологии.

Официальный оппонент: доктор технических наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией лазерной и плазменной обработки ИФМ УрО РАН, Заслуженный изобретатель Российской Федерации

 Коробов Юрий Станиславович

17.05.2022

Научная специальность: 05.02.10 – Сварка, родственные процессы и технологии

Контакты: 620108, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук (ИФМ УрО РАН)
Тел.: 8(919)3792016, e-mail: yukorobov@gmail.com

Я, Коробов Юрий Станиславович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

 Коробов Юрий Станиславович

Подпись Коробова Юрия Станиславовича заверяю.

Ученый секретарь

