

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук Шахматова Дениса Михайловича 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

Решение задач освоения Арктических районов России требует повышения эффективности ледоколов и транспортных судов арктического (ледового) плавания из современных высокопрочных сталей, обеспечивающих в ближайшей перспективе освоения природных ресурсов Арктики и интенсификацию судоходства в акватории Северного морского пути.

Принципиальный подход к обеспечению низкотемпературной прочности при постройки морских судов арктического (ледового) плавания и соответствующие нормативные требования, используемые при сертификации конструкций судов сформулированы в «Правила классификации и постройки морских судов.» (СПб., Российский морской регистр судоходства, 2018.). Правила предусматривают оценку прочности по допускаемым напряжениям, которые практически ничем не отличаются для обычных и низких температур. Отличия сводятся только к проверке и регламентации свойств материалов и сварных соединений при низких температурах. При формулировке требований к этим свойствам учитывается важная особенность сталей – наличие существенного неблагоприятного изменения их механических свойств (вязко-хрупкого перехода) при пониженных температурах, выражающегося в снижении трещиностойкости сталей и сварных соединений и возрастании

вероятности появления хрупких разрушений конструкций из-за образования холодных трещин. Причем вероятность появления хрупких разрушений конструкций возникают по прошествии определённого промежутка времени, как правило, после проведения всех видов контроля, предусмотренных действующим нормативными требованиями.

Это свидетельствует о том, что принятые в нормативные требования в документах РМРС в части процедур одобрения технологии сварки, в части оценки сопротивляемости образованию холодных трещин сварных соединений высокопрочных сталей требует совершенствования. Поэтому диссертационная работа Алрухайми Анмар Гариб Атиях, посвященная исследованию сопротивляемости образованию холодных трещин сварных соединений высокопрочных сталей, является актуальной и имеет важное практическое значение для судостроительной отрасли.

Здесь следует отметить, что актуализация нормативных документов РМРС, связанных с более подробным описанием требований к технологическим процессам сварки, позволит при проектировании и постройки судов арктического (ледового) плавания из современных высокопрочных сталей снизить вероятность появления указанных выше повреждений, обеспечить надежность корпусных конструкций, изготовленных из высокопрочной стали.

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 показана актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, раскрыта научная новизна и обоснована практическая

значимость работы, а также приведены ее основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ расчетных и экспериментальных методов оценки сопротивляемости образованию холодных трещин металла сварных соединений, отмечены их положительные качества и недостатки.

Показано, что оценка сопротивляемости образованию холодных трещин современных экономнолегированных высокопрочных сталей только расчетными методами, основанными на анализе их химического состава, недостаточна, так как не учитывает технологические особенности процесса сварки, в частности, влияния скорости охлаждения на ~~кинетику~~ фазовых превращений и морфологию фаз металла сварного соединения.

Рекомендуемая НД №2-030101-015 РС проба для экспериментальной оценки сопротивляемости образованию холодных трещин не в полной мере обеспечивает необходимую жесткость, характерную для сварных соединений судокорпусных конструкций. К тому же она не технологична и трудоемка в изготовлении.

По результатам выполненного обзора автор делает вывод, что применяемые в настоящее время в Правилах РМРС критерии и методы оценки сопротивляемости высокопрочных сталей образованию холодных трещин не гарантируют их отсутствия в сварных соединениях судокорпусных конструкций.

Во второй главе проведена анализ наиболее известных технологических проб, используемых для оценки сопротивления образованию холодных трещин высокопрочных сталей и выполнены численные исследования их напряженно-деформированного состояния. По результатам этих исследований сделан выбор в пользу пробы Тэккен, которая включена в современные

международные, российские, европейские, американские и японские стандарты.

Здесь же приведены результаты экспериментальных исследований и численных расчетов по оценке влияния температуры начала сварки, величины эффективной погонной энергии и группы прочности сварочных материалов на сопротивляемость образованию холодных трещин в сварных соединениях на стали 10Г2ФБЮ, которая является аналогом высокопрочной судостроительной стали РСЕ500ТМ.

Для установления возможных причин образования холодных трещин автором проведены металлографические исследования и дюрометрический анализ, характеризующие реакцию металла сварных соединений на термический цикл ручной дуговой сварки и автоматической сварки в среде защитных газов. По результатам этих исследований определены наиболее эффективные способы повышения сопротивляемости образованию холодных трещин сварных соединений высокопрочных сталей для судостроения.

В третьей главе приведена методика и пример расчетной оценки вязкой, хрупкой и циклической прочности таврового сварного соединения, выполненного угловыми швами из равнопрочного сварочного материала и угловыми швами с мягкой прослойкой.

В результате проведенных исследований установлено, что одним из эффективных способов обеспечения конструктивной прочности, особенно при наличии риска усталостного или хрупкого разрушения, является применение угловых швов с мягкой прослойкой в тавровых сварных соединениях с конструктивным не проваром.

В четвертой главе разработана методика одобрения технологии сварки высокопрочных сталей в части оценки склонности сварного соединения к образованию холодных трещин. Проведена апробация разработанной

методики одобрения технологических процессов сварки высокопрочных сталей судокорпусных конструкций, результаты которой подтвердили ее обоснованность и эффективность при оценке риска появления холодных трещин. Уточнена область одобрения технологического процесса сварки высокопрочных сталей по величине погонной энергии, которая не может быть меньше номинального значения, документально зафиксированного в процессе проведения квалификационных испытаний.

В заключение сформулированы общие выводы и предложения по практическому использованию полученных результатов, определены перспективы дальнейших исследований в выбранной предметной области.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При подготовке диссертационной работы автором была выполнена серия металлографических исследований на оптическом микроскопе Axio Observer D1.m, оснащенный программно-аппаратным комплексом для анализа изображений Thixomet Pro, также дюрOMETрического анализа на твердомере ТВ-5214 А.

Математическое моделирование напряжено-деформирование состояния сварных соединений и их реакции на термомодеформационный цикл сварки проводились численными методами с помощью программных комплексов ANSYS и ESI SYSWELD соответственно.

ЦЕЛЬ, НОВИЗНА, ОБОСНОВАННОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

К основным научным результатам, полученным в диссертационной работе Алрухайми Анмар Гариб Атиях, можно отнести:

– результаты экспериментальных исследования влияния температуры начала сварки, погонной энергии и группы прочности сварочных материалов на сопротивляемость образованию холодных трещин сварных соединений высокопрочной стали РСЕ500ТМ;

– разработанную методику расчетной оценки вязкой, хрупкой и циклической прочности таврового сварного соединения, выполненного угловыми швами из равнопрочного сварочного материала и угловыми швами с мягкой прослойкой.

Практическая значимость исследований состоит в актуализации и экспериментальной апробации нормативных требований РМРС по одобрению технологической сварки высокопрочных сталей в части оценки сопротивляемости сварных соединений образованию холодных трещин на технологических пробах «Тэккен».

Результаты работы внедрены 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» (*циркулярное письмо № 314-01-1288ц от 18.11.2019*):

- часть III «Техническое наблюдение за изготовлением материалов» раздел 6: пункты 6.2.1, 6.3.1.1.2, 6.3.1.1.4, 6.3.1.7, 6.3.2.1.4, 6.3.2.2.3, 6.3.2.2.6, Таблица 6.4.1.1, 6.4.2, 6.4.4.8, 6.6.2.2.2, 6.6.3.6.3, 6.6.3.7.

- НД № 2-020101-114 «Правила классификации и постройки морских судов» (*циркулярное письмо № 314-01-1289ц от 18.11.2019*)

- части XIV «Сварка»: пункты 1.2.1, 3.2.1.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются результатами экспериментальными и

численными исследованиями, а также их согласованностью с данными, имеющимися в отечественной и зарубежной литературе.

Основные положения диссертации докладывались, обсуждались и получили одобрение на международных и всероссийских конференциях, в том числе Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Б.Е. Патона. (2019 год).

По материалам диссертации опубликовано 7 научных статей, в том числе 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО РАБОТЕ

1. Идея применения мягких прослоек (в авторском варианте «мягких» швов) известна давно. Более перспективными являются композитные сварные швы, которые состоят из комбинации мягких и равнопрочных к основному металлу прослоек. Почему в работе не рассматривается применение композитных сварных швов для высокопрочных сталей?

2. В работе не рассмотрено возможное влияние деформационного упрочнения сварного шва на уровень прочности в итоговом сварном соединении.

3. При расчете таврового сварного соединения на прочность с учетом хрупкого (п.3.2.1) и усталостного (п. 3.2.4) разрушения, по всей видимости, не учтены остаточные сварочные напряжения. В противном случае величина приложенной нагрузки для сварного соединения с мягкой прослойкой и равнопрочным сварным швом должна отличаться.

Представленная диссертационная работа написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и предложения, а выдвигаемые для публичной защиты положения имеют важное научное и практическое значения.

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:

Директор

Шахматов Денис Михайлович

454087, Россия, Челябинская область, г. Челябинск, ул. Рылеева, д. 9

Общество с ограниченной ответственностью «Центр подготовки специалистов «Сварка и контроль»

E-mail: info@svarka74.ru



Д.М. Шахматов
Тогни
Помощник
Маркова Е.А.

Я, Шахматов Денис Михайлович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Алрухайми Анмар Гариб Атиях «Обеспечение сопротивляемости образованию холодных трещин высокопрочной судостроительной стали для одобрения технологии сварки», и их дальнейшую обработку.