

ОТЗЫВ

на диссертационную работу Филина Владимира Юрьевича
«РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ И
ХЛАДОСТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛОВ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
МОРСКОГО ШЕЛЬФА НА ОСНОВЕ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальностям 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение)
и 05.02.10 – Сварка, родственные процессы и технологии

Диссертационная работа Филина Владимира Юрьевича посвящена разработке и научному обоснованию требований к трещиностойкости и хладостойкости низкоуглеродистых низко- и среднелегированных сталей и металла их сварных соединений, совершенствованию системы аттестации материалов для предотвращения возникновения и развития хрупких разрушений в крупногабаритных сварных конструкциях Арктики и морского шельфа.

Освоение Арктики, где на шельфовых месторождениях находятся значительные запасы энергоресурсов, имеет стратегическое значение для Российской Федерации, и требует использования техники, сооружений и материалов для них, способных работать при низких климатических температурах. Применяемые в России и за рубежом нормативные требования к хладостойкости и трещиностойкости материалов сварных конструкций из высокопрочных низкоуглеродистых сталей (основного материала для буровых платформ, терминалов, ледоколов и судов ледового плавания, трубопроводов и т. п.) основаны на опыте их эксплуатации при температурах не ниже -20°C . Необходимы усовершенствованные методики специальных испытаний, которые должны обеспечивать корректное определение параметров трещиностойкости сварных соединений и хладостойкости современных низкоуглеродистых низко- и среднелегированных сталей широкого диапазона категорий прочности и толщин. Учитывая отмеченные обстоятельства, работа Филина В.Ю., выполненная в первую очередь для обеспечения надежности эксплуатации сварных конструкций в Арктике, безусловно, актуальна.

Для решения поставленных задач в работе широко используются расчеты напряженно-деформированных состояний стандартных и полномасштабных образцов, а также соответствующих реальных узлов; исследуется статистическая представительность измерительных процедур в зависимости от объема испытаний. Для имитации термического цикла сварки применялся современный термомеханический симулятор Gleeble 3800, а

НИИЦ «Курчатовский институт» ЦНИИ НИИ «Прометей»		
ДОУ	Вх. № 3354	в ДЕЛО
	« 08 11 2019 г.	№
	Осн. 5 л.	

методы оптической и сканирующей электронной микроскопии использовались для аттестации соответствующих структур и поверхностей разрушения.

При выполнении работы был получен ряд важных результатов, обладающих **научной новизной и вынесенных на защиту**. К ним в частности относятся:

1) Обоснованные методы учета объема и степени разброса экспериментальных данных при назначении требований к средним значениям трещиностойкости сварных соединений.

2) Специфические требования к пробоподготовке и оценке результатов испытаний на трещиностойкость натуральных сварных соединений в зависимости от фактического соотношения свойств металла шва, зоны термического влияния и основного металла.

3) Расчетная оценка масштабного фактора в температурной области вязко-хрупкого перехода по результатам испытаний на трещиностойкость, в том числе с двумя датчиками раскрытия берегов надреза.

4) Процедура имитации сварочного цикла многопроходной сварки на термомеханическом симуляторе, позволяющая затем определить трещиностойкость и ударную вязкость на стандартных образцах.

5) Требования к характеристическим температурам NDT (температура нулевой пластичности) и $T_{к6}$ (температура вязко-хрупкого перехода на больших образцах) судостроительных сталей на основе критерия торможения хрупкого разрушения в основном металле.

Диссертация состоит из введения, семи глав, основных выводов, списка литературы, содержащего 241 источник и приложения. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследований, кратко описаны методы исследований, приведены основные положения, выносимые на защиту, показана научная новизна и практическая значимость, представлен личный вклад автора.

Первая глава посвящена обзору существующих принципов и методик расчетных оценок прочности стальных конструкций с дефектами, а также процедур аттестации судостроительных сталей и их сварных соединений.

Во второй главе представлены разработанные алгоритмы и экспериментальные процедуры для назначения требований к трещиностойкости материала. Главные отличия от существующих подходов сводятся к следующему:

- ориентация на решение конкретной задачи разработки требований по трещиностойкости с учетом специфических предельных состояний конструкции и реалистичных допустимых дефектов,
- непосредственное определение расчетного дефекта,
- определение параметров нагружения с учетом взаимодействия остаточных сварочных напряжений с внешними нагрузками,
- обоснование назначаемого коэффициента запаса на неопределенность значений трещиностойкости материала.

В третьей главе рассматриваются методические аспекты испытаний на трещиностойкость, направленные на максимально точное воспроизведение при испытании напряженного состояния в элементе реальной конструкции с дефектом. По результатам обширных экспериментальных работ даются рекомендации, исключающие неоправданное завышение требований к свойствам крупномасштабных сварных соединений.

Четвертая глава рассматривает имитацию термического цикла сварки на малых образцах с целью упрощения оценки свариваемости по свойствам зоны термического влияния. Термические циклы в разных зонах соединения воспроизводятся с помощью установки Gleeble 3800 на образцах сечением 10×10 мм, что позволяет затем определять свойства материала. При сравнении полученных свойств со свойствами образцов в полной толщине из реальных соединений было обнаружено существенное различие, для объяснения которого потребовались дополнительные исследования. По мнению автора, тем не менее, имитационный подход может быть доработан с учетом назначения специфических требований к определяемым свойствам.

Пятая глава посвящена формулировке и обоснованию вероятностного подхода к выбору коэффициента запаса в условиях хрупкой прочности сварных соединений. Для достижения этой цели были проведено большое количество численных экспериментов. С учетом полученных результатов предлагаются особые критерии назначения коэффициента запаса по трещиностойкости сварных соединений при большом разбросе и малом объеме экспериментальных данных, согласованные с размером расчетного дефекта и приемлемой вероятностью разрушения конструкции. На этой основе определяются требования к критической величине J -интеграла и раскрытию в вершине трещины CTOD.

В шестой главе формулируются и обосновываются требования к критической температуре вязко-хрупкого перехода с точки зрения торможения трещины в основном металле сварного соединения. Здесь также широко используются модельные расчеты с помощью метода конечных элементов. Основным результатом является установленный запас по температурам вязко-хрупкого перехода NDT (температура нулевой пластичности) и

$T_{кб}$ (температура вязко-хрупкого перехода на больших образцах) относительно температуры торможения трещины.

В седьмой главе рассматривается практическое опробование результатов работы, в том числе в части интерпретации результатов, получаемых на реальных образцах зоны термического влияния сварных соединений, показавшее возможность и целесообразность корректировки существующей нормативной документации.

В приложении представлены акты внедрения разработок автора при совершенствовании нормативной базы Российского морского регистра судоходства, корректировке процедур специальных механических испытаний и выполнении экспертных работ по оценке прочности внутриварных подводных трубопроводов.

Замечания по работе:

1. Имитация термических циклов сварки путем скоростного нагрева-охлаждения образцов основного металла на установке Gleeble 3800 показала, что таким образом удастся получить локальные свойства в выбранной зоне сварного соединения, но не свойства соединения в полной толщине. Автор считает, что данный подход может быть доработан, однако не конкретизирует каким образом. В подобных обстоятельствах практический смысл результатов главы 4 ограничен.

2. В пятой главе получены результаты статистического анализа, позволяющие обосновать консервативные требования к усредненным результатам измерений в зависимости от объема выборки (количества экспериментов). Однако, учитывая ответственное назначение рассматриваемых сварных соединений, только расчетного обоснования может быть недостаточно в случае ограниченного объема испытаний.

Отмеченные отдельные замечания не изменяют общей несомненно положительной оценки диссертационной работы и не снижают ее научной и практической ценности. Работа представляет собой законченное исследование.

Оценивая результаты выполненной диссертационной работы, можно сделать вывод о том, что исследование характеризуется обоснованностью вынесенных на защиту научных положений и выводов, что подтверждено большим объемом испытаний и расчетных экспериментов. Успешное решение поставленных в работе задач имеет крайне важное практическое значение для освоения арктического шельфа России. По своей научной новизне и объему полученных результатов диссертационная работа «Разработка критериев трещиностойкости и хладостойкости материалов сварных конструкций морского шельфа на основе механики разрушения» соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении

ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 года №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Филин Владимир Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение) и 05.02.10 – Сварка, родственные процессы и технологии.

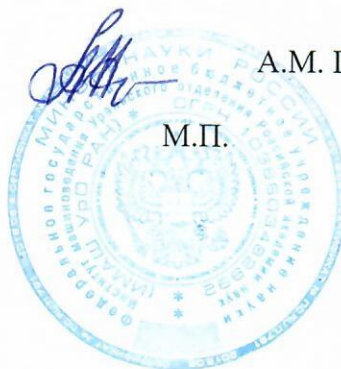
Кандидат технических наук,
заведующий лабораторией
конструкционного материаловедения
Института машиноведения УрО РАН

Саврай
Роман Анатольевич

28 октября 2019 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения
Уральского отделения Российской академии наук (ИМАШ УрО РАН)
620049, г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, д. 34;
Тел. +7 (343) 374-47-25, Факс +7 (343) 374-53-30, E-mail: ges@imach.uran.ru

«Подпись Р.А. Саврая заверяю»
Ученый секретарь ИМАШ УрО РАН, к.т.н.



А.М. Поволоцкая

М.П.