

Отзыв
официального оппонента
на диссертационную работу ФИЛИНА Владимира Юрьевича

«Разработка критериев трещиностойкости материалов сварных конструкций
морского шельфа на основе механики разрушения»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальностям 05.16.09 Материаловедение (Машиностроение)
05.02.10 Сварка, родственные процессы и технологии.

Создание новых высоконагруженных сварных конструкций требует применения более прочных материалов, отличающихся как правило, пониженным сопротивлением развитию трещин. Традиционных нормативных методов расчета на прочность конструкций для обеспечения требуемого уровня надежности уже недостаточно.

Применение механики разрушения на стадии конструктивно-технологического проектирования изделий для оценок опасности хрупкого разрушения ограничивается по следующим причинам.

Возникает неопределенность при выборе зон расположения размеров и ориентации дефектов в элементах конструкции. Эта задача неизбежно связана с необходимостью анализа методов контроля и статистических оценок с определением наиболее вероятных размеров исходных дефектов.

Значительные проблемы имеются при выборе границ применения линейной и нелинейной механики разрушения и соответственно критерия хрупкого разрушения. Использование недостаточно обоснованного критерия хрупкого разрушения может привести к слишком консервативным оценкам трещиностойкости и существенному удорожанию конструкции.

До сих пор остается открытым вопрос о количественном влиянии остаточных напряжений в сварных конструкциях на инициацию и кинетику развития трещин.

Важнейшим вопросом являются методические аспекты экспериментальных испытаний для определения критических характеристик трещиностойкости.

«Институт»- ЦНИИ КМ «Прометей»		
ДОУ	Вх. № 3449	в ДЕЛО
	«14» 11 20 19 г.	
	Осн. 7 л.	№ _____ подп. _____

Работа Филина В.Ю. направлена на решение именно этих задач.

Учитывая так же, что в диссертационной работе рассматриваются проблема создания надежных стальных сварных конструкций, работающих в сложных условиях Арктики, работа является, несомненно, актуальной.

В первой главе автор работы подробно анализирует существующие методы экспериментальной оценки сопротивляемости материалов и сварных соединений развитию трещин. Критически рассматриваются существующие расчетные методы оценки прочности конструкций с трещинами.

На основе выполненного аналитического обзора существующих нормативных методов оценки трещиностойкости, теоретических и экспериментальных исследований в главе 1 сформулированы цели и задачи исследований диссертационной работы.

Следует отметить, что представленная диссертационная работа является одним из важнейших этапов разработки единого подхода к конструктивно-технологическому проектированию сварных конструкций.

Во второй главе автор диссертационной работы приводит подробное изложение этапов разработки методов оценки сопротивлению хрупкому разрушению сварных соединений. При этом применяется процедура расчета на основе использования J -интеграла, что позволило учесть влияние пластических деформаций и наличие остаточных напряжений.

В этой главе предложен ряд новых соотношений для расчетной оценки прочностных свойств сталей при низких температурах. Проанализирован и обоснован выбор размеров и формы расчетного дефекта. На основе вероятностных оценок и понятия «слабого» звена в нагруженном объеме предложено соотношение для определения размера расчетного дефекта с учетом протяженности сварных швов. Это соотношение фактически учитывает и масштабный фактор.

Третья глава посвящена методическим вопросам оценки влияния типа образца на экспериментальные результаты определения характеристик

трещиностойкости с целью разработки требований к испытаниям, обеспечивающих наибольшую достоверность результатов.

Подробный тщательный анализ, основанный на результатах испытаний различных типов образцов, позволил установить новые требования к испытаниям на трещиностойкость, дающий возможность использовать образцы небольших размеров.

Учитывая сложность определения трещиностойкости в зоне термического влияния из-за неоднозначности структурного фактора при росте трещины, автор рассмотрел возможности испытаний образцов после моделирующего нагрева по термическому циклу сварки. Этому посвящена четвертая глава.

Предпринята попытка количественного моделирования термического цикла сварки в ЗТВ для многопроходного шва, а также показана близость структуры после моделирующего нагрева к структуре с ЗТВ в сварных соединениях из сталей E-500 и E-500 W в части размера зерна и типа структуры.

В главе 5 рассмотрен подход и определение коэффициента запаса по трещиностойкости применительно к сварным конструкциям.

Определение коэффициента запаса по трещиностойкости является важнейшей задачей проектирования.

Автором работы предложен подход, основанный на вероятностной модели использования генераторов случайных чисел и распределения Вейбулла.

Процедура на основе численного эксперимента позволила разработать нормативные величины по трещиностойкости материала сварных соединений. Такой исход является новым и достаточно эффективным при небольшом количестве экспериментов по оценке трещиностойкости материалов и сварных соединений.

В результате численного эксперимента, выполненного для широкого интервала толщин элемента получены соотношения для определения

коэффициента запаса по трещиностойкости с учетом принятого метода неразрушающего контроля.

Соотношения для определения коэффициента запаса по трещиностойкости позволили учесть разброс экспериментальных данных, величину выборки результатов испытаний, размеры дефектов, требуемую вероятность разрушения конструкции, учет случайного сочетания нагрузок и температур эксплуатации.

В шестой главе диссертации разработаны требования по величинам критических температур хрупкости с учетом температур металла, приводящей к торможению трещины.

Предложено использовать для оценки условий распространений трещин безразмерный параметр “ ω ”, который по сути является обычной оценкой выполнения условия плоской деформации. На основании этого критерия с принятыми ужесточением на размер упруго-пластической зоны при плоской деформации выполнено моделирование эффекта туннелирования при развитии трещины в образцах различной формы. Однако, полученное эмпирическое соотношение для параметра ω позволяет оценивать условия торможения трещины при решении практических задач.

В диссертации проведены также оценки для ряда образцов, используемых для определения критических температур хрупко-вязкого перехода. Это позволило оценить связь результатов испытаний различных образцов для определения критических температур хрупкости.

В седьмой главе предложены практические приложения полученных в работе результатов. Следует отметить, что впервые разработана логическая методология получения корректных требуемых величин трещиностойкости основного металла и сварных соединений применительно к условиям эксплуатации конструкции.

Особо следует подчеркнуть, что разработанные автором подходы нашли отражение в ряде нормативных документов и широко используются при создании морских конструкций. Это подтверждается также актами

внедрения разработок при совершенствовании нормативной базы Российского морского регистра судоходства.

Опубликованные работы соискателя и автореферат соответствуют выводам и содержанию диссертационной работы.

Работа представляет собой законченный научный труд. Все научные положения, сформулированные в диссертации, основаны на тщательном анализе и подтверждении соответствующими экспериментальными исследованиями.

Полученные в работе результаты крайне важны для практических приложений и в других отраслях народного хозяйства.

По диссертационной работе следует сделать некоторые замечания:

1. Процедура расчетной оценки методом МКЭ локальных параметров нагружения тел с трещинами с учетом остаточных напряжений основывается на предварительном расчетном определении остаточных напряжений методов МКЭ.

Однако определение остаточных напряжений расчетом МКЭ сопряжено со значительными погрешностями из-за неопределенности в закономерностях изменения свойства материалов под действием нестационарных тепловых и силовых воздействий при сварке. Поэтому возникает вопрос каким образом эта процедура гарантирует приемлемую точность оценок локальных параметров нагружения (K_I и J -интегралы).

2. При выборе размеров расчетного дефекта в сварной конструкции большое влияние оказывает кинетика циклического подрастания трещины. Это ограничение жестко связано с регламентом контроля. Однако такие оценки в диссертационной работе отсутствуют. Хотя на стр. 147 автор работы упоминает о влиянии указанного фактора на размер расчетного дефекта.

3. Следует отметить, что для высокопрочных сталей подрастание дефектов в сварных швах может иметь место и при вылеживании конструкции после изготовления и выполнения неразрушающего контроля.

Оценки влияния указанного фактора на размеры расчетного дефекта отсутствуют.

4. В главе 4 проанализирована возможность применения образцов после моделирующего цикла сварки в зоне термического влияния для конкретной конструкции. При этом, моделирование заключалось только в оценке влияния параметров термического цикла сварки, таких как скорость охлаждения и время пребывания металла выше температуры A_{c3} . Однако значительных вклад в формирование структуры и свойств металла сварного соединения оказывает скорость нагрева, максимальная температура нагрева и кинетика деформаций с учетом фазовых превращений при нагреве и охлаждении. Эти вопросы в работе не рассмотрены. В тоже время имеющиеся существенные отклонения критического значения J -интеграла для образцов, испытанных после моделирующего нагрева, с образцами, вырезанных из реальных сварных соединений, указывают на необходимость учета этого фактора (см. стр. 249).

5. В главе рассмотрены вопросы торможения трещины. Анализ торможения трещины выполнен на основе критического коэффициента интенсивности напряжений, определенного по моменту остановки трещины в статической постановке. Однако при рассмотрении динамической задачи необходимо учитывать кинетическую энергию и запас потенциальной (упругой) энергии в конструкции. Без учета кинетики развития трещины оценка условий торможения может давать существенные погрешности в зависимости от конкретной сварной конструкции.

В целом, диссертационная работа Филина Владимира Юрьевича выполнена на высоком уровне, отличается скрупулезностью выполненных расчетных и экспериментальных исследований.

Результаты работы, полученные автором, имеют несомненную научную новизну.

Внедрение научных и практических результатов, полученных в диссертационной работе, вносит значительный вклад в развитие страны.

Диссертационная работа на тему «Разработка критериев трещиностойкости и хладостойкости материалов сварных конструкций морского шельфа на основе механики разрушения» специальность 05.19.09 «Материаловедение (Машиностроение)», 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии», соответствует положению о присуждении ученых степеней № 842 от 24.09.2019 (п. 9), а Владимир Юрьевич Филин достоин присуждения научного звания доктор технических наук

Заведующий отделом
«Экспертная организация
по исследованию ресурса,
испытаний материалов и
сварных конструкций, экспертизе
оборудования ТЭС и АЭС»
доктор технических наук,
доцент



Ланин Александр Алексеевич

ОАО «Научно-производственное
Объединение по исследованию и проектированию
энергетического оборудования
им. И. И. Ползунова (ОАО «НПО ЦКТИ»)
191167 Санкт-Петербург
Ул. Атаманская, д. 3/6
тел. 8 (812) 297-58-60
м.т.+7-921-937-99-45
email: svarka@ckti.ru

Подпись д.т.н. Ланина А.А. заверяю:

