Филин Владимир Юрьевич Разработка критериев трещиностойкости и хладостойкости материалов сварных конструкций морского шельфа на основе механики разрушения

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

доктор наук Филин Владимир Юрьевич

Введение

Список основных сокращений

Список основных обозначений

Глава 1 Принципы и методики расчётных оценок прочности сварных конструкций с дефектами, методы аттестации и критерии качества стали и её сварных соединений

1.1 Общие вопросы проектирования, строительства и эксплуатации сварных конструкций

1.1.1 Сопротивление хрупкому разрушению

1.1.2 Минимальная температура эксплуатации конструкционного элемента и допускаемая вероятность разрушения

1.1.3 Эксплуатация в морской воде

1.1.4 Конструкционные стали и сварочные материалы

1.1.5 Влияние низких температур на механические свойства стали

1.1.6 Остановка хрупкого разрушения

1.1.7 Усталостное повреждение

1.1.8 Остаточные напряжения

1.1.9 Методики неразрушающего контроля

1.2 Прогнозирование условий старта трещины

1.2.1 Использование механики разрушения для аттестации металла сварных соединений

1.2.2 Идеология стандарта Б8 7910 и процедуры решения задачи о прочности с известным дефектом

1.2.3 Разброс экспериментально наблюдаемых данных по трещиностойкости

1.2.4 Масштабный эффект при испытаниях образцов уменьшенных размеров

1.2.5 Соблюдение эквивалентности пластического стеснения в образце и конструкции

1.2.6 Тенденции развития методов определения трещиностойкости металла сварных соединений

1.3 Прогнозирование условий торможения трещины

1.3.1 Прямой метод испытаний на торможение хрупкой трещины с использованием крупномасштабных образцов

1.3.2 Контроль температур вязко-хрупкого перехода при исследовательских, сертификационных и сдаточных испытаниях

1.3.3 Выводы по разделу

1.4 Постановка задач исследования

113

Глава 2 Развитие методов расчётной оценки сопротивления хрупкому и вязкому разрушению для оценки работоспособности сварных конструкций,

2.1 Проблемы применения идеологии FAD для расчётных оценок прочности

2.2.1 Предел текучести и временное сопротивление основного металла и зон сварного соединения для температур, соответствующих расчётным случаям

2.2.2 Данные о трещиностойкости основного металла и сварных соединений (металл шва, линия сплавления) при нескольких температурах, включающих или охватывающих диапазон температур, соответствующих расчётным случаям

2.3 Коэффициенты интенсивности напряжений для трещиноподобных дефектов в

полях остаточных напряжений

2.4. Основной алгоритм определения нагруженности конструкционного элемента.. 134 2.5 Размер дефекта

2.5.1. Расчётный дефект для основного металла

2.5.2. Расчётный дефект для металла сварного соединения

2.6. Выводы по главе

Глава 3 Исследование зависимости трещиностойкости сталей и металла их сварных соединений от типов и размеров образцов. Корректировка методики испытаний на трещиностойкость

3.1 Экспериментальные и теоретические исследования масштабного эффекта при испытаниях на трещиностойкость

3.1.1 Испытания основного металла на образцах стандартных типов

3.1.2 Определение температурного сдвига для испытаний образцов уменьшенных размеров

3.1.3 Испытания металла сварных соединений на образцах различных типов и размеров

3.1.4 Масштабный эффект для образцов с надрезом по ЗТВ

3.2 Расчётное обоснование методических вопросов испытаний образцов SENT

3.2.1 Испытания и расчёты образцов типа SENT с разрешением поворота концов

3.2.2 Испытания крупногабаритного сварного образца типа SENT и его расчётные исследования

3.3 Жёсткость напряжённого состояния в «зоне процесса»

3.3.1 НДС на фронте трещины без учёта ОСН

3.3.2 НДС на фронте трещины в присутствии ОСН

применимости материалов, допустимости дефектов

117

2.2 Необходимая информация о свойствах материала

120

3.4 Решение технологических и методических проблем, связанных с испытаниями на трещиностойкость

3.4.1 Методические вопросы испытаний

3.4.2 Технологические вопросы испытаний на трещиностойкость

3.5 Совершенствование процедуры аттестации материала по свариваемости

3.5.1 Выбор типа образцов для аттестации материала

3.5.2 Предложения по соответствию процедуры и цели испытаний на трещиностойкость сварных соединений

3.5.3 Влияние количества «целевой структуры» по фронту трещины

3.5.4 Численный эксперимент по определению «истинной» трещиностойкости зоны термического влияния

3.5.5 Разработка предложений в процедуру интерпретации результатов при испытаниях сварных образцов на трещиностойкость

3.6 Выводы по главе

Глава 4 Перспективы применения имитации термического цикла сварки для оценки свариваемости низкоуглеродистых низко- и среднелегированных сталей

4.1 Теоретические исследования для моделирования термического цикла

4.2 Материал для экспериментальных исследований

4.3 Проведение эксперимента

4.4 Результаты испытания аттестационных образцов и образцов с имитированной ЗТВ

4.5 Исследование микроструктуры ЗТВ, образующейся при реальной электродуговой сварке, и её имитации

4.5.1 Сварка с низким тепловложением и её имитация

4.5.2 Сварка с высоким тепловложением и её имитация

4.6 Исследование тонкой структуры имитированной ЗТВ

4.7 Проверка значимости влияния последнего цикла нагрева на свойства ЗТВ

4.8 Выводы по главе

Глава 5 Описание вероятностного подхода к выбору коэффициента запаса в условии прочности сварных соединений как функции достоверности знаний о требуемой величине J-интеграла, разбросе экспериментально определяемой трещиностойкости и приемлемой вероятности разрушения

5.1 Основные исходные допущения

5.1.1 Диапазон толщин конструкционных элементов

5.1.2 Нагрузка, действующая на конструкционный элемент

5.1.3 Вероятность обнаружения/пропуска дефекта определённых размеров

5.1.4 Приемлемая вероятность разрушения

5.1.5 Процедура связи размеров дефекта и параметров нагрузки с величиной J-интеграла

5.1.6 Распределение величины Jcr

5.1.7 Распределение температур

5.2 Исходные экспериментальные данные для оценки диапазонов разброса и погрешностей

5.3 Последовательность выполняемых расчётов

5.3.1 Определение частного коэффициента запаса n в детерминированной постановке

5.3.2 Определение частного коэффициента запаса n в вероятностной постановке

5.3.3 Определение полного коэффициента запаса щ с учётом погрешностей, вносимых методикой получения экспериментальных данных по трещиностойкости

5.4 Результаты численного моделирования

5.4.1 Определение частного коэффициента запаса n

5.4.2 Определение полного коэффициента запаса n1

5.5 Влияние способа получения значений J-интеграла

5.6 Выводы по главе

Глава 6 Обоснование критериев применимости материала по результатам определения температур вязко-хрупкого перехода

6.1 Проблемы, возникающие при определении критических температур для сталей, производимых по современным технологиям

6.1.1 Испытания по методике NDT

6.1.2 Испытания по методике ТКБ

6.1.3 Испытания по методике DWTT. Перспективы использования для исследования вязкого разрушения

6.2 Критическая температура вязко-хрупкого перехода с позиции механики разрушения

6.3 Определение критериев вязко-хрупкого перехода для косвенных методов определения хладостойкости

6.3.1 Методика NDT

6.3.2 Методика ТКБ

6.3.3 Испытания на ударный изгиб

6.4 Выводы по главе

Глава 7 Решение практических задач применимости материалов для крупногабаритных сварных конструкций

7.1 Обеспечение надёжности судокорпусных конструкций и конструкций морской техники по критерию предотвращения хрупких разрушений

7.1.1 Are-стали в Правилах Регистра

7.1.2 Минимальная температура применимости стали

7.1.3 Требования к критическим температурам вязко-хрупкого перехода, внесённые в Правила Регистра по результатам настоящей работы

7.1.4 Новые предложения по процедуре аттестации стали «на свариваемость» и пример их практического применения

7.1.5 Требования к процедурам специальных механических испытаний

7.2 Обеспечение надежности конструкций подводных трубопроводов при укладке и эксплуатации по критерию предотвращения разрушений от дефектов. Корректировка Правил МПТ и Руководства по эксплуатации МПТ

7.2.1 Разделы нормативной документации Регистра по МПТ, созданные либо откорректированные на основании выполненных исследований

7.2.2 Порядок и объёмы получения данных по трещиностойкости материала (пример процедуры, предложенной для стыковых швов трубопроводов)

7.2.3 Практическое использование методики оценки сопротивления разрушению при проверке норм дефектности для стыковых сварных соединений трубопроводов

7.3 Нормативная документация

7.3.1 Документация по методам испытаний. СТО по испытаниям на трещиностойкость

7.3.2 Документация по методам испытаний. ГОСТ Р 52927, Приложение В

7.3.3 Документация по методам испытаний. СТО по определению критических температур вязко-хрупкого перехода при аттестации материалов

7.3.4 Руководящий документ по расчётам прочности

7.4 Выводы по главе

Основные выводы

Список литературы

Приложение А. Таблицы результатов

Приложение Б. Акты внедрения

ВВЕДЕНИЕ