

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Мусаева Салиха Джабраиловича «Совершенствование количественных методов исследования материала магистральных трубопроводов из стали марки Х70», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Актуальность темы диссертации

Производство труб большого диаметра включает различные технологические операции (прокатка, гибка, сварка и термическая обработка) в результате которых формируется структура и комплекс служебных свойств, определяющих долговечность и надежность работы магистральных труб. К трубам для прокладки нефтегазовых магистралей предъявляют повышенные требования к качеству, износостойкости и долговечности. Современные требования к микроструктуре основного металла труб предусматривают применение низкоуглеродистой низколегированной стали с феррито - бейнитной или бейнитной мелкодисперсной микроструктурой, производимой по технологии термомеханической прокатки. Вместе с тем, на каждом этапе технологического процесса получения трубной заготовки образуются структурные дефекты, оказывающие воздействие на процесс зарождения и роста усталостной трещины, а также на комплекс их механических свойств, включая их анизотропию. Поэтому для обеспечения надежной эксплуатации магистральных труб требуется разработка новых эффективных способов оценки их работоспособности на основе количественных характеристик структуры и механических испытаний материала труб в условиях приближенных к эксплуатационным.

Актуальность диссертации Мусаева С.Д. заключается в том, что в ней исследованы два важных для оценки работоспособности материала труб аспекта. Во-первых, это исследование влияния коррозионной среды на кинетику роста усталостной трещины с использованием полноразмерных образцов, поскольку наиболее опасным видом разрушения газопроводных систем является коррозионное растрескивание под напряжением, зарождающееся на внешней поверхности трубы. Это делает образцы в виде фрагментов труб предпочтительнее не только с точки зрения масштабного

фактора, но и в плане адекватности структурного состояния в месте зарождения трещины. Во-вторых, это развитие количественных текстурных методов применительно к оценке технологической истории материала труб, а также анизотропии их механических свойств. Важность этого направления обусловлена тем, что текстура является с одной стороны наиболее чувствительной к технологии структурной характеристикой, а с другой позволяет количественно оценивать собственный вклад в анизотропию свойств.

Научная новизна работы заключается в создании комплексной методики испытания материала труб, позволяющей оценить воздействие на их работоспособность коррозионной среды, статической и циклической нагрузок, включающая испытания на полноразмерных образцах статическим нагружением в коррозионной среде с последующим измерением кинетики распространения усталостной трещины на воздухе. После каждых $6 \cdot 10^4$ циклов усталостного нагружения образец вновь подвергался воздействию статической нагрузки в коррозионной среде и этот цикл повторялся вплоть до разрушения. Выявленные при этом количественные характеристики кинетики роста усталостной трещины позволяют вводить корректирующие коэффициенты в расчеты остаточного ресурса магистральных труб, исходя из параметров усталостных испытаний материала отработанных труб для конкретных условий эксплуатации. Разработанная методика позволяет оценивать остаточный ресурс магистральных труб для конкретных условий эксплуатации на основании экспериментально измеренных значений времени до разрушения при усталостных испытаниях для материала новых труб и труб, отработавших известное время в данных условиях.

Разработаны новые методики исследования влияния кристаллографической текстуры на характеристики анизотропии материала магистральных труб. Скорректирована методика определения количественных обратных полюсных фигур для ОЦК сплавов, позволившая увеличить количество экспериментальных рефлексов и повысить за этот счет информативность метода обратных полюсных фигур. Найден текстурный критерий, позволяющий оценивать температуру финишной прокатки трубной заготовки на трубах на любой стадии их эксплуатации, что в перспективе позволит накапливать информацию о влиянии технологии

изготовления труб на их ресурсные характеристики. Продемонстрирована возможность использования анизотропного критерия Хилла совместно с количественными текстурными данными для оценки прочности трубы при двухосном напряженном состоянии, которое соответствует работе труб в условиях внутреннего давления.

Практическая значимость работы заключается в том, что на основе комплексного испытания материала труб, включающего испытания на натурной модели статическим нагружением в коррозионной среде с последующим измерением кинетики распространения усталостной трещины на воздухе установлены количественные параметры влияния коррозионной среды на скорость роста усталостной трещины материала магистральной трубы из стали 09Г2С, на основании которых можно вводить корректирующие коэффициенты в расчеты остаточного ресурса магистральных труб, исходя из параметров усталостных испытаний материала отработанных труб для конкретных условий эксплуатации.

Разработаны эффективные методики исследования влияния кристаллографической текстуры на характеристики анизотропии материала магистральных труб, а также основанные на текстурных данных методы оценки характеристик технологической истории изделия на основе предложенного в работе текстурного коэффициента, который может быть включен в комплекс показателей магистральных труб наряду с механическими свойствами.

Достоверность результатов работы подтверждается тем, что все основные научные выводы и рекомендации получены с использованием количественного исследования текстуры, использования расчетных методов оценки параметров анизотропии упругих и прочностных свойств. Обоснованность установленных в работе закономерностей не вызывает сомнений, поскольку автором тщательно и на современном методическом уровне определены закономерности кинетики роста усталостной трещины на полноразмерных образцах, обеспечивающим адекватность испытываемого материала реальным условиям эксплуатации материала труб. Экспериментальные результаты, полученные разными методами, хорошо коррелируют друг с другом и не противоречат современным представлениям

металловедения. Результаты диссертационной работы можно признать достоверными, а выводы обоснованными.

Замечания по диссертации

1. В работе исследовали различные аспекты влияния текстуры на характеристики трубных заготовок, однако при этом осталось без внимания возможное влияние ориентации поверхности трубы на интенсивность коррозионного воздействия, при том, что в 4 главе (рис.4.22) отмечено наличие текстурной неоднородности в поверхностных слоях.

2. Требуется дополнительного разъяснения тот факт, что анизотропия упругих модулей в трубах равна 6% (табл. 5.1), а факторов Закса 10% (Табл.5.1), при том, что для разных кристаллографических направлений в стали разница в упругих модулях составляет ~110% (Табл. 5.2), а разница факторов Закса ~50% (Табл.5.1).

3. В диссертации исследования закономерности роста усталостной трещины после статического нагружения в коррозионной среде изучены на образцах, вырезанных из трубы, прошедшей определенный период эксплуатации, при этом было бы целесообразно сопоставить эти результаты с данными, полученными на новых трубах или на трубах с другим уровнем наработки, что позволило бы оценить влияние на кинетику роста трещины исходного структурного состояния.

4. Безусловным достоинством работы является реализация испытаний материала труб на полноразмерных образцах, однако эти испытания требуют специальной оснастки, трудоемки и было бы целесообразно провести сопоставление полученных результатов с результатами испытаний на образцах стандартных размеров, обеспечив тем самым возможность проводить в дальнейшем менее трудоемкие испытания с учетом найденных корреляций между результатами испытаний для двух типов образцов.

Заключение

Диссертация Мусаева Салиха Джабраиловича является законченной научной квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения и разработки, направленные на повышение надежности эксплуатации магистральных трубопроводов за счет совершенствования количественных методов оценки влияния структурных факторов и коррозионной среды на кинетику роста усталостной трещины, а

также количественных текстурных критериев контроля технологии и анизотропии механических свойств.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Мусаев Салих Джабраилович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник ИМЕТ
РАН

В.Ф. Терентьев

« 15 » 2018 г.

Подпись В.Ф. Терентьева заверяю.
Начальник отдела кадров.



Адрес: 119334, г. Москва, Ленинский проспект, д. 49
Телефон: +7-499-135-6306
e-mail: fatig@mail.ru