

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального директора

ООО «Научно-исследовательский

институт трубопроводного транспорта»

(ООО «НИИ Транснефть»),

доктор технических наук

Д.А. Неганов

2022 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Мишетьян Анны Рубеновны**

«Особенности механизмов разрушения и деформационного старения

в зависимости от структурного состояния низколегированных трубных сталей»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по

специальности 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность диссертационной работы

Интенсивное развитие энергетического комплекса предполагает активную разработку проектов по строительству газо- нефтепроводов. Трубопровод является высоконагруженной конструкцией ответственного назначения, работающей под действием интенсивных статических и динамических нагрузок, испытывая давление транспортируемой среды и внешние воздействия, возникающие при технологических операциях или в процессе эксплуатации, поэтому вопросы деформационного старения являются чрезвычайно актуальными.

Научная новизна работы состоит в том, что на основе прямых и физических методов исследования структурного состояния соискателем выявлен структурный механизм влияния деформационного старения на уровень свойств трубной стали с бейнитным типом структуры, заключающийся в мартенситном превращении остаточного аустенита с увеличением степени деформации, что является одним из факторов истощения деформационной способности металла листового проката.

Механизм деформационного старения дополнен анализом данных, полученных при исследовании скоростной зависимости предела текучести – установлено увеличение прироста предела текучести после деформационного старения, наблюдаемое при скачкообразном изменении скорости нагружения. Показано, что более высокий прирост предела текучести в результате деформационного старения стали с бейнитной структурой является следствием затруднения термоактивированного скольжения, связанного с увеличением полей искажения кристаллической решетки вокруг атомов внедрения, концентрация которых выше в менее равновесной бейнитной структуре.

Установлена физическая природа влияния состояния структуры (ее дисперсности, однородности) на хладостойкость низкоуглеродистых низколегированных сталей на основе оценки склонности к релаксации напряжений в локальном микрообъеме, возникающих в ходе нагружения в упругой области. Повышение неоднородности структуры, увеличение размеров структурных составляющих, уменьшение подвижности дислокаций в результате деформационного старения увеличивают склонность низколегированной стали к хрупкому разрушению, что связано с затруднением протекания релаксационных процессов.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, приведенных в данной диссертационной работе, подтверждается использованием апробированных, стандартизированных методов исследований, аттестованных приборов и оборудования, применением современных структурных методов исследования и обработки полученных изображений.

Научно-практическая значимость работы

В работе показано, что при оценке вероятности хрупких разрушений конструкции трубопровода необходимо учитывать интенсивность уменьшения величины работы распространения трещины при снижении температуры испытаний, а не ударной вязкости.

Выданы рекомендации по изготовлению отводов холодного гнущего для труб магистральных газопроводов, предназначенных для эксплуатации в зонах активных тектонических разломов (АТР): установлена предельно допустимая величина холодной деформации металла труб (5%), гарантирующая величину равномерного удлинения и высокую способность к деформационному упрочнению.

Результаты данного исследования могут служить при оценке эксплуатационной надежности трубопроводов: проведения экспертиз, анализа разрушения трубных конструкций из низкоуглеродистых низколегированных сталей, а также могут стать основой для дальнейших исследований, проводимых в данной области.

Общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, 5 глав, общих выводов и списка литературы. Работа изложена на 145 страницах машинописного текста, содержит 62 рисунка, 16 таблиц. Список использованной литературы содержит 137 наименований.

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулирована цель, поставлены задачи диссертационной работы, приведены научная новизна, практическая значимость исследования, основные положения, выносимые на защиту, указан личный вклад автора и представлены сведения о его публикационной деятельности и апробации результатов исследования (9 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК; участие в 23 всероссийских и международных научно-технических конференциях).

В первой главе диссертации содержится подробный обзор литературных источников, тематика которых касается проблемы разрушения, деформационного старения конструкционных сталей. Описаны факторы, составляющие эксплуатационную надежность трубопровода; приведены требования, предъявляемые к металлу труб; рассмотрены особенности влияния металлургических, технологических, структурных факторов на сопротивление разрушению и склонность к деформационному старению низколегированных трубных сталей. На основании тщательно проведенного анализа был обоснован выбор цели и определен комплекс задач для ее достижения.

Во второй главе содержится описание выбранных материалов, методик, примененных в лабораторных экспериментах. В работе использован широкий спектр методов исследования структуры, определения стандартных механических и специальных свойств для оценки характеристик сопротивления разрушению.

В третьей главе изложены результаты исследования влияния структурного состояния на хладостойкость металла листового проката различных классов прочности. Установлено, что при снижении температуры при испытаниях на ударную вязкость основную долю в общей энергии разрушения занимает работа зарождения трещины, что требует контроля величины работы распространения трещины. Используются специальные методы исследования для оценки сопротивления разрушению – динамические и статические испытания на изгиб образцов с надрезом и заранее созданной усталостной трещиной. Исследована физическая природа повышенного сопротивления разрушению стали с бейнитным типом структуры по сравнению с феррито-перлитным, связанная с меньшим уровнем локальных напряжений в результате более дисперсной и однородной структуры.

Четвертая глава посвящена изучению явления деформационного старения низколегированных трубных сталей. В работе определен комплекс свойств металла с

разным структурным состоянием (феррит + перлит, бейнит) в исходном (листовой прокат) и состаренном состояниях. Показано, что бейнитная структура более склонна к деформационному старению и в работе изучена природа влияния этого процесса на структуру и свойства металла. Данные, полученные в работе, позволили предложить структурный механизм деформационного старения, в основе которого – мартенситное превращение локальных участков остаточного аустенита до полного их исчерпания, способствующее снижению способности к деформационному упрочнению.

В пятой главе приведены результаты исследования труб, прокладываемых в зонах активных тектонических разломов и используемых при изготовлении отводов. Данные трубы обладают многофазной структурой (феррит, мартенсит, мартенсит/аустенит-составляющая), что позволяет им сохранять деформационную способность вплоть до степени деформации 5%, в отличие от стали со структурой бейнитного типа, где уже при деформации 2% наблюдается практически полное исчерпание деформационной способности.

В заключении приведены основные выводы по диссертационной работе.

Замечания по диссертационной работе

1. Требуется пояснения, почему при оценке сопротивления хрупкому разрушению релаксационный эффект определяли в упругой области, а изучении деформационного старения – в пластической.

2. Технические требования для оценки склонности к протяженным разрушениям в трубных сталях предполагают испытание образцов ИПГ, поэтому представляет интерес оценка влияния деформационного старения на сопротивление разрушению полнотолщинных образцов.

3. Для полноты понимания механизма влияния деформационного старения на сопротивление разрушению трубных сталей в разных структурных состояниях было бы полезно оценить свойства стали после нагрева без предварительной деформации.

4. В работе отсутствует исследование влияния деформационного старения стали с бейнитной структурой на склонность к коррозионному растрескиванию под напряжением.

Перечисленные замечания не снижают общей положительной оценки рассматриваемой диссертационной работы. Полученные результаты могут стать основой для исследований, проводимых в области эксплуатационной надежности трубопроводов.

Содержание диссертации полностью отражено в автореферате и публикациях. Выводы и рекомендации, сделанные в работе, являются обоснованными.

Заключение. Диссертационная работа Мишетьян Анны Рубеновны «Особенности механизмов разрушения и деформационного старения в зависимости от структурного состояния низколегированных трубных сталей» соответствует шифру специальности 2.6.1. (05.16.01) – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» и критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» Постановления Правительства РФ № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание кандидата технических наук, а ее автор заслуживает присуждения ему искомой ученой степени.

Диссертационная работа заслушана и обсуждена на заседании секции Ученого совета «Прочностная и ресурсная надежность объектов магистрального трубопроводного транспорта» ООО «НИИ Транснефть» (протокол № 2022-01 от 09 марта 2022 г.).

Директор Центра стали и сварки,
прочностных расчетов,
председатель секции Ученого совета



Студёнов Евгений Павлович

Секретарь секции Ученого совета,
К.т.н. по специальности 05.16.01
«Металловедение и термическая
обработка металлов и сплавов»



Скородумов Сергей Валериевич