

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Судьина Владислава Витальевича** «Исследование особенностей разрушения низколегированных сталей и их сварных соединений в интервале вязко-хрупкого перехода», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния»

Обеспечение хладостойкости углеродистых и низколегированных сталей, широко применяемых в строительстве магистральных трубопроводов, газгольдеров и резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, относится к числу наиболее важных требований, предъявляемых к сооружениям, эксплуатируемым в условиях низких климатических температур. Проблема заключается в достоверном определении условий и механизма перехода металла из вязкого состояния в хрупкое. Известно, например, что высокие значения ударной вязкости, характерные для современных низколегированных сталей и их сварных соединений, не всегда являются гарантией недопущения хрупкого разрушения изделий при эксплуатации.

В рассматриваемой работе на основе детального анализа микроструктурных и деформационных особенностей разрушения металла при пониженных температурах выявлены новые, ранее неизвестные аспекты явления вязко-хрупкого перехода низколегированных сталей и их сварных соединений, позволяющие с большей достоверностью производить оценку поведения этих сталей в конструкции и, таким образом, способствующие повышению ее надежности.

С этих позиций актуальность диссертационной работы В.В. Судьина не вызывает сомнений.

Полученные в диссертационной работе результаты обладают научной новизной и несомненно имеют большую практическую ценность. К числу важнейших результатов, обладающих научной новизной, следует отнести:

– установление взаимосвязи между параметрами динамической кривой «нагрузка – прогиб образца», полученной в ходе испытания на ударный изгиб, и деформационными и энергетическими параметрами последовательно сменяющихся стадий разрушения;

– выявление особенностей диссипации энергии при образовании хрупкой трещины скола в ферритной микроструктуре сталей. В частности, протекание локальной пластической деформации при развитии хрупкой трещины в диссертации увязывается со следующими особенностями микромеханизма разрушения – с разрывом «перемычек» металла между трещинами скола, растущими в параллельных плоскостях; с переходом трещины скола через несколько зерен, с разрывом «перемычек» металла между фасетками скола, образующимися вследствие разориентации плоскостей скола на границе зерен с большими компонентами вращения решетки; вследствие неомогенности локальной вязкости в микроструктуре;

– определение зависимости размера и формы области локальной пластической деформации с образованием гребней вязкого излома при переходе трещины скола между соседними зернами от степени перекрытия трещин в соседних плоскостях;

– выявление бимодального частотного распределения значений ударной вязкости при испытании образцов металла околосшовной зоны трубных сталей класса прочности К60 в критическом интервале температур хладноломкости, обусловленное происходящим в микроструктуре отслоением сульфидных и оксидных участков неметаллических включений от ферритной матрицы;

– установление двойной роли титаносодержащих включений в стали: наличие большого количества таких включений, имеющие низкую энергию границы с ферритной матрицей, является одновременно и причиной скола на раннем этапе деформации образца и причиной остановки хрупкой трещины в зернах игольчатого феррита, приводящей к большой доле работы долома образца при испытании;

– обоснование того, что переход от межкристаллитного к транскристаллитному разрушению при КРН низколегированных трубных сталей происходит при наличии в тройном стыке зерен границ, представляющих собой: - границы с малым углом наклона решетки; границы с малым углом вращения решетки; - границы с высоким количеством узлов совпадения решеток и границы, лежащие под высоким углом к направлению роста трещины.

Практическая значимость работы В.В. Судьина состоит, на наш взгляд, в следующем:

– разработаны автоматизированные методы анализа изображений изломов и динамических кривых разрушения образцов, испытываемых на ударный изгиб, расширяющие возможности фрактографических исследований и позволяющие использовать новые критерии в исследовании стадийности процесса разрушения;

– показано, что динамические кривые разрушения образцов низколегированных сталей, испытанных на ударный изгиб в критическом интервале температур хладноломкости, могут быть использованы для определения доли вязкого и хрупкого излома образцов в широком диапазоне микроструктур;

– исследованиями влияния предварительной пластической деформации на зарождение трещин скола в околошовной зоне трубных сталей класса прочности К60 показано, что пластическая деформация приводит к изменению очага скола – скол зарождается либо от участка квазискола, либо на границе зерен, либо на мелких неметаллических включениях.

Из представленного в автореферате материала видно, что автор диссертации достиг высокой квалификации в организации и постановке экспериментов, хорошо владеет техникой и технологией металлографических и фрактографических исследований, методами статистического анализа и математического моделирования. В частности, приведенные в автореферате

изображения трещин скола, полученные с помощью оптической металлографии и сканирующей электронной микроскопии, отличает высокое качество и детализация, что безусловно придает дополнительную убедительность суждениям автора.

По автореферату имеются следующие замечания:

1. В тексте автореферата не сказано, какие типы образцов использованы при проведении испытаний на ударный изгиб – образцы с надрезом Менаже (KCU) или с надрезом Шарпи (KCV). Соответственно этому не ясно, как выбор типа образца может повлиять на полученные в ходе исследования результаты?
2. В шестой главе говорится, что включения нитрида титана инициируют образование трещин скола в локально хрупких участках основного металла. В седьмой главе указывается на то, что нитриды титана вызывают хрупкое разрушение с образованием очагов скола в околошовной зоне сварных соединений. В восьмой главе титаносодержащие включения ответственны за возникновение большого количества очагов скола в металле сварного шва. Таким образом, не складывается однозначного понимания, для какого из участков сварного соединения – основного металла, сварного шва, околошовной зоны – титаносодержащие неметаллические включения оказывают более негативную роль в микромеханизме разрушения?

Сделанные замечания имеют скорее методический характер и не уменьшают значимости диссертационной работы, выполненной на высоком научно-техническом уровне, поскольку не затрагивают основных ее положений.

В целом, диссертационная работа «Исследование особенностей разрушения низколегированных сталей и их сварных соединений в интервале вязко-хрупкого перехода» является законченным исследованием, имеющим

научную и практическую значимость. Работа полностью соответствует шифру специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния» и требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» Постановления Правительства Российской Федерации № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Владислав Витальевич Судьин заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

**Начальник лаборатории труб  
Корпоративного научно-технического  
центра развития трубной продукции  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,  
кандидат технических наук**

  
Т.С. Есиев

03.06.2021.

142717, Московская область, г. Видное,  
п. Развилка, пр-д Проектируемый № 5537, влд. 15, стр. 1  
Тел. (498)657-4206, факс: (498)657-9605  
vniigaz@vniigaz.gazprom.ru

Подпись Есиева Т.С.  
Иск. Стефанови ш



Е.В. Мелеушкин