

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

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

Диссертационная работа В.В.Судьина посвящена исследованию актуальной научной и важной для практики проблемы определения физических механизмов разрушения сталей в интервале вязко - хрупкого перехода на примере низколегированных сталей. Последние широко используются в качестве конструкционного материала широкого спектра применения. Проявление в таких сталях хладноломкости, обусловленной конкуренцией механизмов роста вязкой трещины и трещины скола, создаёт трудности, как для применения этих сталей в условиях низких температур, так и для оценки их надёжности в реальных условиях эксплуатации.

Актуальность комплексной постановки исследований параметров разрушения в процессе механических испытаний в совокупности с анализом микроструктурных механизмов зарождения и развития вязких и хрупких трещин связана с необходимостью определения механизма вязко - хрупкого перехода, как основы для разработки практических способов увеличения сопротивления хладноломкости низколегированных сталей и, особенно, их сварных соединений. Данная задача не может быть решена без выяснения причин наблюдаемого в экспериментах, а также при проведении промышленных аттестационных испытаний, известного эффекта значительного рассеяния (разброса) значений ударной вязкости в условиях проявления хрупко - вязкого перехода при распространении магистральной трещины. Обе обозначенных задачи были поставлены и в значительной степени решены в диссертационной работе Судьина В.В. При этом использованы современные методы статистического подхода при анализе результатов тонких, а в ряде случаев изящных, экспериментальных исследований. Такие исследования были выполнены на микроуровне с полным анализом микроструктурных, в том числе кристаллографических, особенностей распространения трещин скола и деформации исследуемых материалов в процессе разрушения.

Диссертантом написан представляющий самостоятельный интерес аналитический обзор литературы по вопросам хрупкого разрушения низколегированных сталей в сравнении с другими типами сталей, и подробно охарактеризованы основные методы экспериментальных исследований рассматриваемых материалов. Сформулирована цель и

соответствующие ей задачи исследований, которые включают анализ физических механизмов рассматриваемых явлений, разработку новых методических приемов в эксперименте в сочетании с микроструктурными исследованиями самого высокого современного уровня.

Диссертация состоит из введения, девяти глав и выводов по главам, общих выводов и списка литературы из 185 наименований и изложена на 189 страницах.

Во второй и третьей главах диссертации прежде всего дана подробная характеристика исследованных материалов – низколегированных конструкционных сталей и пяти типов их сварных соединений. Автором диссертации продемонстрирована высокая квалификация в знании возможностей современных методов аналитической и растровой электронной микроскопии, а также методов механических испытаний. При этом автор диссертации не остановился на уже известных методиках, а посвятил значительную часть своей работы усовершенствованию имеющихся и обоснованию новых методов исследований. В частности им разработан метод оценки хладноломкости сталей с использованием автоматизированного определения доли хрупкой и вязкой составляющих излома. Это потребовало дополнительной трудоёмкой работы по созданию базового алгоритма выделения указанных областей с использованием современного нового подхода на основе метода нейронных сетей.

Особый интерес в диссертационной работе вызывает представленное в третьей и четвертой главах обоснование и реализация возможностей определения доли вязкого излома (ДВИ) для экспериментальных образцов из параметров динамической кривой разрушения, записанных при стандартных испытаниях на ударную вязкость. При этом учитывается весь необходимый комплекс параметров, в том числе и температура испытаний как дополнительный параметр. Проводится обоснование применимости модели искусственных нейронных сетей к описанию вязко - хрупкого перехода и проверяется адекватность модели на примере экспериментальных данных для стали другого типа. По точности разработанный диссертантом метод оказался значительно превосходящим другие известные методы оценки ДВИ по данным о параметрах динамической кривой для образцов заданного типа микроструктуры. Обосновано положение о том, что для других типов микроструктур необходимо лишь сделать дополнение к обучающей выборке.

В пятой и шестой главах диссертации представлены результаты исследований распределения затрат энергии по стадиям разрушения и результаты изучения деформационных особенностей распространения трещин скола, влияющих на оценку надёжности материалов в испытаниях на ударный изгиб. Установлено, что деформация

при росте таких трещин возникает только в местах их перехода между различными плоскостями распространения трещины. Наиболее значительная деформация сопровождается переходом трещины скола через несколько зёрен, вызываемый её остановкой в локально вязком участке микроструктуры и последующее зарождение в локально хрупком участке.

В седьмой главе приведены результаты изучения особенностей разрушения металла околосварной зоны сварных соединений, приводящие к повышенному рассеянию значений ударной вязкости.

Восьмая глава посвящена исследованию микроструктурных причин различия распределения энергии между стадиями разрушения в металле сварных соединений. Показано, что зарождение трещин скола на ранних этапах пластической деформации связано с присутствием в микроструктуре металла сварных соединений неметаллических включений. Одновременно такие включения повышают сопротивляемость росту трещин скола за счёт образования на них мелких зёрен игольчатого феррита. Такое комплексное действие приводит к зарождению трещин скола на ранней стадии деформации с последующей их остановкой. Это повышает долю работы образования долома в общей энергии разрушения.

В девятой главе рассмотрены особенности роста коррозионно - механических трещин в низколегированной трубной стали. Путём трёхмерной реконструкции границы зерна с ориентационным картированием было изучено кристаллографическое строение разрушенных и сохранившихся границ зёрен. Установлена возможность перехода от межзёренного к транскристаллитному распространению трещины. Из приведённых результатов следует, что переход от межзёренного к транскристаллитному разрушению происходит в тройных стыках зёрен, где две доступные для распространения трещины границы устойчивы к коррозионно - механическому воздействию. Обнаружено, что такие границы являются границами специального типа и расположены под большими углами к направлению роста трещины.

В соответствии с изложенным выше диссертационная работа В.В.Судьина имеет несомненную научную новизну и важность для дальнейшего развития выявленных на примере исследованных в диссертации сталей физических представлений о процессах зарождения и роста трещин в поликристаллических металлах и сплавах.

Результаты работы имеют важное практическое значение для оптимизации режимов получения изделий в трубопрокатном и других многотоннажных производствах изделий из сталей. Разработанные методы автоматического анализа строения изломов могут быть использованы для автоматизации процесса аттестации проката

низколегированных сталей. Установленные особенности разрушения сварных соединений представляют интерес с точки зрения улучшения методик оценки надёжности исследованных сталей и обосновании оптимальных режимов получения новых сварочных материалов.

Достоверность полученных результатов подтверждается публикациями основных результатов диссертации в рецензируемых научных журналах (опубликовано 5 статей), многочисленных докладах на российских и международных конференциях, использованием самого современного научного оборудования и статистическим анализом большого объёма экспериментальных данных с применением современных методов анализа получаемой информации.

По результатам рассмотрения диссертационной работы можно сделать следующие замечания:

1. В диссертационной работе, по мнению автора отзыва, с излишней скромностью, выносимые на защиту положения и выводы отнесены только, следуя контексту диссертации, « в применении к низколегированным сталям». В то же время следовало бы рассмотреть возможности расширения на более широкий класс металлических материалов сделанных в работе и всесторонне обоснованных заключений по совокупности сравнительного анализа литературных данных и результатов оригинальных исследований.

2. Диссертационная работа представляет серьёзный рукописный труд, текст которого изложен на 189 страницах, в котором на удивление крайне редко, скорее как исключение, но встречаются мелкие неточности. К ним относятся: отсутствие замеченных оппонентом лишь в двух местах запятых (на стр.108 и 116), и на стр 153 вместо наречия «вследствие» употреблено «в следствии».

Сделанные замечания ни в коей мере не снижают общей положительной оценки работы.

Диссертационная работа В.В. Судьина написана грамотным, выразительным и одновременно строгим общепринятым в металлофизической литературе научным языком, аккуратно оформлена, и характеризуется высоким качеством иллюстративного материала. В целом проведенный выше анализ диссертации свидетельствует о том, что данная работа соответствует критериям, предъявляемым к диссертационным работам Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. Диссертация соответствует паспорту специальности 01.04.07 в части пунктов 1,3,6,7. Автор диссертации – Судьин Владислав Витальевич безусловно заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата

физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

И.о. заведующего лабораторией физико-химической инженерии композиционных материалов, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем химической физики» РАН, д.ф.-м.н. по специальности 01.04.07 (Физика конденсированного состояния), профессор, заслуженный деятель науки РФ

Тел. 8(49652)21320

e-mail: kolobov@icp.ac.ru

03.06.2021

Колобов Юрий Романович

Судиско И.Р. Колодова удостоверено
Член секретарь ИИХФ РАН



ИИХФ

Исаха'Бил.