

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Шайманова Григория Сергеевича «Исследование влияния деформационно-термической обработки на структуру, механические свойства и особенности изломов углеродистых и низколегированных конструкционных сталей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы

Весьма актуальным направлением современного металловедения является получение ультрамелкозернистой структуры (УМЗ) сталей. В течении нескольких последних десятилетий для измельчения структуры металлических материалов широко применяются различные методы интенсивной пластической деформации, которые имеют ряд технологических особенностей, ограничивающих возможности их широкого применения. В связи с этим применение промышленного способа деформационной обработки – холодной радиальнойковки с последующими термическими воздействиями для формирования УМЗ структуры сталей в диссертационной работе Шайманова Г. С. вполне обосновано. Известно, что формирование однородной УМЗ структуры стали ведет к существенному росту показателей прочности, способствует повышению сопротивления хрупкому разрушению и образованию при ударных нагрузках вязких изломов. Однако, фрактографический анализ изломов, как правило, носит качественный характер. По этой причине представляет интерес разработка методик количественного исследования параметров строения вязких изломов с их микро – и макрорельефом и процессами пластического деформирования металла, предшествующих разрушению. В этой связи актуальность рассматриваемой диссертационной работы Шайманова Г.С., посвященной качественному и количественному исследованию изменений параметров изломов углеродистых и низколегированных конструкционных сталей в результате деформационно-термической обработки совместно с характеристиками их надежности, безусловно, не вызывает сомнения.

Кроме того, актуальность темы диссертационного исследования подтверждается ее соответствием с основными направлениями научной деятельности кафедры «Металловедение, термическая и лазерная обработка металлов» ПНИПУ (г. Пермь) в рамках государственного задания в сфере научной деятельности при финансировании Минобрнауки России по проекту FSNM-02020-0027.

Анализ содержания диссертации

Диссертация Шайманова Г. С. состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованных источников литературы, включающего 166 наименования. Работа изложена на 183 страницах, содержит 99 рисунков и 13 таблиц и 1 приложение.

Во введении дано обоснование актуальности решаемой проблемы; указаны цель и задачи исследования; сформулированы научная новизна и практическая

значимость работы; изложены основные положения, выносимые на защиту; отмечены личный вклад автора, степень достоверности и апробация полученных результатов.

В первой главе сделан аналитический обзор литературных источников, касающихся современных представлений об основных методах деформационного и термического воздействий с целью получения УМЗ структуры материалов, а также возможности повышения характеристик надежности. Рассмотрены основные стадии и закономерности формирования УМЗ структуры при различных степенях деформации. Описаны основные методы оценки трещиностойкости, классификация и критерии динамической трещиностойкости металлов. Детально проанализированы современные методы оценки поверхности разрушения. Рассмотрены особенности исследования зон пластического деформирования материала под поверхностью разрушения. В результате проведенного аналитического обзора литературных данных сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе представлена информация о химическом составе исследуемых материалов, приведены параметры режимов термической и деформационно-термической обработок опытных образцов, рассмотрены методики исследования структуры, испытания механических свойств, а также описаны стандартные и разработанные методики фрактографических исследований поверхности разрушения опытных образцов.

В третьей главе приведены результаты исследования микроструктуры, значения показателей твердости, характеристик прочности, ударной вязкости и динамической трещиностойкости опытных образцов конструкционных сталей 09Г2С, 25 и 35Х, подвергнутых термической и деформационно-термической обработкам. На сталях, подвергнутым холодной радиальной ковке (ХРК) и последующим отжигам проведено опробование методики оценки динамической трещиностойкости по результатам динамических испытаний двух серий образцов на маятниковом копре. Результатом опробования стало установление возможности построения диаграмм динамической трещиностойкости конструкционных сталей, подвергнутых деформационно-термической обработке, и определение по ним основных параметров – K_{CT}^* , λ^* , R . Полученные в третьей главе диссертации результаты исследований показывают, что проведение холодной пластической деформации методом ХРК и последующего отжига при 600 °С формирует в исследуемых сталях ультрадисперсную структуру с размером зерен 0,7-0,9 мкм, которая, в сравнении с высокоотпущенным состоянием, приводит к росту характеристик прочности при сохранении ударной вязкости и динамической трещиностойкости.

В четвертой главе рассматривается вопрос исследования поверхности изломов опытных образцов конструкционных сталей 09Г2С, 25 и 35Х в различном структурном состоянии после термической и деформационно-термической обработок, приведены результаты параметров их макро- и микрорельефа поверхности. К особенностям макрорельефа поверхности разрушения соискатель отнес расщепления, формирующиеся на поверхности опытных образцов изломов

исследуемых сталей, подвергнутых ХРК, а также – последующим отжигам. Количественные исследования расщеплений показали, что наибольшая их доля формируется на поверхности изломов образцов с дополнительными боковыми надрезами.

Количественные исследования ямочного микрорельефа, проведенные на 3D-моделях поверхности разрушения, позволили расширить исследовательские возможности и провести классификацию ямок по различным морфологическим типам и размерам, что представляет собой большой научный интерес.

Для всех исследуемых сталей были выявлены закономерности изменения количественных параметров ямок на поверхности разрушения опытных образцов после проведения ХРК и последующих отжигов при температуре 300 °С и 600 °С. Установлен стадийный механизм образования расщеплений, который заключается в объединении нескольких глубоких ямок в микроскопические расщепления и последующем объединении микроскопических расщеплений в значительной более крупные.

В пятой главе проанализировано влияние деформационно-термической обработки на количественные параметры зон пластической деформации (ЗПД), формирующихся в процессе динамических испытаний исследуемых образцов сталей. Автором работы были построены контуры ЗПД под поверхностью разрушения изломов исследуемых конструкционных сталей на основании полученных карт уровней микротвердости. Показаны формы и размеры различных зон ЗПД исследуемых образцов в зависимости от режима обработки. Установлено, что проведение ХРК приводит к заострению формы ЗПД в области старта динамической трещины и уменьшению ее размеров в сравнении с формой и размерами ЗПД исследуемых сталей в высокоотпущенном состоянии.

Также приведены результаты металлографических исследований, которые показали наличие локализованных областей течения металла соответствующие участкам с наибольшим деформационным упрочнением.

В шестой главе проведен сравнительный анализ результатов исследования показателей ударной вязкости и динамической трещиностойкости, параметров макро- и микрорельефа поверхности изломов и ЗПД под поверхностью разрушения исследуемых образцов конструкционных сталей в различном структурном состоянии после проведения термической и деформационно-термической обработок. Проведен анализ влияния расщеплений на поверхности разрушения образцов конструкционных сталей на ударную вязкость и динамическую трещиностойкость, в ходе которого установлено положительное их влияние на ударную вязкость и динамическую трещиностойкость за счет увеличения общей площади поверхности разрушения без потерь характеристик прочности.

Выявлено, что увеличение средних поперечных размеров ямок конической морфологии и их доли на поверхности разрушения сопровождается линейным ростом ударной вязкости и динамической трещиностойкости. Также установлена прямо пропорциональная зависимость ударной вязкости и динамической трещиностойкости от величины линейного размера зоны пластической деформации.

Предложенные в работе деформационные и деформационно-термические режимы, исследуемые в диссертационной работе прошли апробацию на трубных

заготовках из конструкционных сталей на базе предприятия «Элкам-нефтемаш». Это подтверждается актами промышленного опробования результатов научно-исследовательских работ и технологических разработок, которые показали, что полученный в промышленных условиях комплекс свойств трубных заготовок из конструкционных сталей сравним с получаемыми в лабораторных условиях методами интенсивной пластической деформации.

В заключении подведены главные итоги диссертационного исследования и сформулированы основные выводы по работе.

Объем диссертации является вполне достаточным для необходимого изложения основных результатов исследования. Содержание диссертации охватывает основные вопросы поставленной научной проблемы. В целом работа выполнена на хорошем методическом и теоретико-экспериментальном уровне. Анализ содержания позволяет заключить, что все поставленные задачи решены, и цель исследования достигнута. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы и раскрывает ее сущность.

Основное содержание диссертации Шайманова Г.С. в достаточном объеме опубликовано в 12 научных работах, в числе которых 11 – в рецензируемых изданиях, рекомендованных перечнем Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, также получено 2 патента РФ на изобретение.

Научная новизна диссертационной работы

1. Впервые для сталей 09Г2С, 25 и 35Х, подвергнутых деформационно-термическим обработкам, построены диаграммы динамической трещиностойкости и определены параметры динамической трещиностойкости.

2. Установлен механизм образования расщеплений на поверхности изломов сталей 09Г2С, 25 и 35Х, подвергнутых холодной радиальнойковки и последующим отжигам, и показано положительное влияние расщеплений на ударную вязкость и динамическую трещиностойкость сталей в условиях затрудненной пластической деформации.

3. Показано, что после проведения термической и деформационно-термических обработок увеличение средних поперечных размеров ямок в диапазоне значений 13,8-17,0 мкм их доли с 55,5% до 68,8% в изломах стали 09Г2С сопровождается линейным ростом ударной вязкости и динамической трещиностойкости. В сталях 25 и 35Х линейный рост ударной вязкости и динамической трещиностойкости наблюдается при формировании крупных ямок со средними поперечными размерами в диапазоне 12,7-16,5 мкм и 11,2-13,8 мкм и их доли в изломах в интервале 40,5-56,8% и 16,8-25,0%.

4. Впервые для сталей 09Г2С, 25 и 35Х, подвергнутых деформационно-термической обработке, построены карты распределения микротвердости в зонах пластической деформации под поверхностью разрушения, определены их форма и количественные параметры. Установлено, что ударная вязкость и динамическая линейно зависят от размера зон пластической деформации, определенного на расстоянии 1 мм от места старта динамической трещины.

Практическая и теоретическая значимость результатов работы

1. Продемонстрирована возможность построения диаграмм динамической трещиностойкости конструкционных сталей, подвергнутых деформационно-термической обработке, по результатам испытаний двух групп образцов на маятниковом копре;

2. Разработана и опробована на широко применяемых сталях методика исследований элементов микрорельефа поверхности разрушения, позволяющая количественно характеризовать элементы поверхности и в дальнейшем классифицировать их по типам и размерам;

3. Разработана и применена на конструкционных сталях, подвергнутых деформационно-термической обработке, методика исследования зон пластической деформации под поверхностью разрушения, позволяющая определить изменение формы и размеров зон сталей в зависимости от структурного состояния.

4. Прошли промышленное опробование режимы деформационно-термической обработки, по результатам которого установлено повышение хладостойкости стали 35 в интервале температур испытания от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Достоверность научных результатов и обоснованность выводов

Достоверность полученных результатов определяется использованием современных сертифицированных методов проведения и анализа результатов исследований, включающих высокоточное оборудование и программное обеспечение с широкими возможностями анализа данных, надежных методов испытания, применением высокоточного современного исследовательского оборудования. Результаты исследований работы, приведенные в данной работе, опубликованы в ведущих рецензируемых журналах и согласуются с ранее полученными результатами.

Вопросы и замечания по диссертационной работе

1. На сегодняшний день в области производства длинномерных изделий из конструкционных материалов широкое распространение получили такие методы интенсивной пластической деформации как ассиметричная прокатка и равноканальная угловая протяжка, однако автор диссертации про данные методы, к сожалению, в литературном обзоре не упоминает.

2. В главе 2 описаны режимы термической и деформационно-термической обработок. Чем обусловлен выбор при холодной деформации методом радиальнойковки образцов исследуемых сталей степени деформации в 55 %? Проводились ли ранее эксперименты при других степенях деформации?

3. К сожалению, диссертационная работа недостаточно апробирована – только г. Пермь и г. Севастополь.

4. В главе 1, стр. 28 на рис. 1.7 отсутствует линейка. При каком увеличении сняты изображения?

5. Недостаточно обоснован выбор сталей 09Г2С, 25 и 35Х в качестве материала для диссертационного исследования.

6. В третьей главе диссертации приведены результаты исследования влияния различных режимов обработки на микроструктуру исследуемых сталей. Было бы полезно провести количественный анализ основных структурных элементов исследуемых сталей (например, размер карбидных частиц, величину зерна, длину реек α -фазы, межпластинчатое расстояние и т.д.) после каждого режима обработки.

7. В выводах главы 6 и заключении говорится, что с увеличением средних поперечных размеров крупных ямок и их доли в изломе с 16,8 до 68,8% линейно увеличиваются показатели ударной вязкости и динамической трещиностойкости. Как с точки зрения металловедения объяснить данный факт?

8. В тексте работы встречаются грамматические ошибки и опечатки.

Отмеченные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы и не снижают ее научной и практической значимости.

Соответствие диссертационной работы указанной специальности

Диссертационная работа Шайманова Григория Сергеевича по содержанию и полноте изложенного материала соответствует паспорту специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов: пункту 1 - «Изучение взаимосвязи химического и фазового составов (характеризуемых различными типами диаграмм, в том числе диаграммами состояния) с физическими, механическими, химическими и другими свойствами сплавов»; пункту 2 - «Теоретические и экспериментальные исследования фазовых и структурных превращений в металлах и сплавах, происходящих при различных внешних воздействиях, включая технологические воздействия и влияние сварочного цикла на металл зоны термического влияния, их моделирование и прогнозирование»; пункту 5 - «Теоретические и экспериментальные исследования механизмов деформации, влияния фазового состава и структуры на зарождение и распространение трещин при различных видах внешних воздействий, их моделирование и прогнозирование»; пункту 6 - «Разработка новых и совершенствование существующих технологических процессов объемной и поверхностной термической, химикотермической, термомеханической и других видов обработок, связанных с термическим или термомеханическим воздействием, цифровизация и автоматизация процессов, а также разработка информационных технологий систем сквозного управления технологическим циклом, специализированного оборудования».

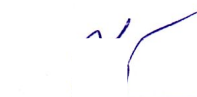
Заключение

Результаты, полученные в работе Шайманова Г.С., соответствуют поставленной цели и задачам диссертационного исследования. Диссертационная работа базируется на достаточном количестве экспериментальных данных. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы и оценены по сравнению с другими известными решениями. Диссертация написана автором самостоятельно, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

Изложенное выше позволяет сделать заключение, что оппонируемая работа соответствует требованиям п.9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакциях от 21.04.2016 № 335 и 12.10.18 № 1168), а ее автор Шайманов Григорий Сергеевич достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

На включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Шайманова Г.С., согласна.

Официальный оппонент,
 Научный сотрудник ресурсного центра нанотехнологий и наноматериалов, НИИ «Наносталей», НИС, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»
 кандидат технических наук (05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов)



Куприянова
 Ольга Александровна

«01» февраля 2023 г.

Почтовый адрес ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»
 Россия, 455000 г. Магнитогорск, пр. Ленина, дом 38
 тел. (3519) 29-84-02; e-mail: mgtu@mgtu.ru

