

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР



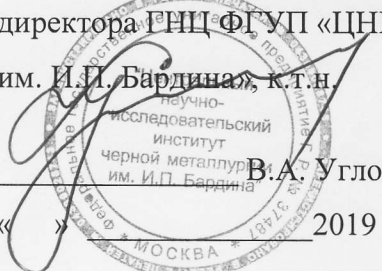
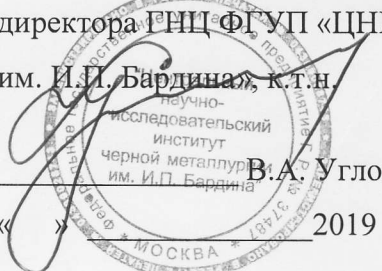
"Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина"

ГНЦ ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П.Бардина"

105005 г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2
Тел. +7(495)777-93-01; факс +7(495)777-93-00
e-mail: chermet@chermet.net
www.chermet.net

УТВЕРЖДАЮ:

Первый заместитель Генерального
директора ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет
им. И.П. Бардина», к.т.н.


В.А. Углов
«» 2019 г

«01» 10 2019 год № 2141-2/16
на № _____ от _____

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Нго Нгок Ха «Оценка неоднородности
разномасштабных структур в крупных поковках из улучшаемой стали 38ХНЗМФА и
её влияния на разрушение», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности: 05.16.01 – «Металловедение и термическая
обработка металлов и сплавов»

Повышение конкурентоспособности металлопродукции неразрывно связано с обеспечением однородности её качества. Конечный уровень качества металлопродукции определяется структурными и металлургическими факторами. Однако наблюдаемое на практике, даже в рамках достаточно хорошо отлаженной технологии, разнообразие геометрии номинально однотипных структур, приводит к существенному разбросу прочности, пластичности и вязкости. Для выявления критических параметров геометрии структур необходимо, в частности, понимание механизмов разрушения неоднородных структур. Это сдерживается из-за отсутствия метрологически обеспеченных процедур измерения неоднородности структур и разрушения, в частности трещиностойкости, определение которой с привязкой к элементам структуры могло бы обеспечить оценку сопротивляемости разрушению, как отдельных элементов структуры, так и наблюдаемых их конфигураций в целом. В этой связи **актуальность работы**, посвященной оценке неоднородности разномасштабных структур в крупных поковках из улучшаемой стали 38ХНЗМФА и её влияния на разрушение, не подлежит сомнению.

Структура и содержание диссертационной работы:

Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов и списка использованной литературы из 156 наименований, изложена на 129 страницах и содержит 86 рисунков, 11 таблиц.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель, и поставлены задачи исследования, изложена научная новизна полученных результатов, а также представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен аналитический обзор литературы, в котором рассмотрены структурные и металлургические факторы, определяющие разрушение конструкционных сталей, такие как неметаллические включения (НВ), зерно, разнородные структуры. Показано, что при развитой неоднородности структур важно оценить различие вязкости с привязкой к структуре (отдельным её элементам), возможность совместного влияния разномасштабных структур. Рассмотрены методы оценки сопротивления разрушению материалов, в частности вязкости разрушения - критический коэффициент интенсивности напряжений K_{IC} , возможности которого ограничены масштабами пластической деформации. Однако показано, что и получившие в этой связи развитие критерии нелинейной механики разрушения, в частности, критическое раскрытие трещины (КРТ) - δ_c требуют дальнейшего развития на основе изучения геометрии раскрытия трещины и кинетики ее распространения с использованием методов акустической эмиссии (АЭ) и количественной фрактографии.

Во второй главе содержится описание материалов и методов исследования. Материалами исследования послужили поковки кубической и цилиндрической формы из улучшаемой стали 38ХНЗМФА после мартеновской плавки и с дополнительным электрошлаковым переплавом. Разброс свойств оценивали механическими испытаниями на растяжение (ГОСТ 1497) и удар (ГОСТ 9454). Структуру анализировали на металлографических шлифах. Величину δ_c определяли при испытании на трехточечный изгиб по ГОСТ 25.506 и в соответствии с классической моделью КРТ, предполагающей, что раскрытие трещины происходит за счет вращения её берегов относительно некоторого центра вращения. Кинетику распространения трещины изучали с использованием АЭ. Морфологию изломов изучали методами профилометрии и макросъёмки. Фрактографические исследования проводили на сканирующих микроскопах TES'CAN VEGA3 и HITACHI S80.

В третьей главе приведены результаты исследования масштабов неоднородности разнородных структур и разрушения в кубических поковках из стали 38ХНЗМФА. Показано, что разброс вязкости может достигать двукратного в пределах сечения поковки,

причиной этому является совместное влияние параметров разнородных структур, в частности серного отпечатка и микроструктуры. Закономерности изменения геометрии разномасштабных структур в пределах сечения поковок были установлены на основе прямых измерений неоднородности их строения. Их взаимосвязь, результат дальних последствий ликвации - на основе предложенной оригинальной методики прямого совмещения рисунка дендритов, НВ, серного отпечатка и микроструктуры на одном шлифе (в единой системе координат). В целом полученные результаты подтвердили необходимость локальной оценки вязкости металла крупных поковок, в частности, трещиностойкости.

В четвертой главе представлены результаты по развитию метода оценки КРТ (δ_c) для структурно-неоднородных материалов. Методика предусматривала определение коэффициента вращения берегов трещины n (на основе экспериментальном нахождении положения центра их вращения), учета кинетики роста вязкой трещины (по измерениям АЭ и морфологии статического излома) и формы переднего фронта растущей трещины. С использованием предложенной методики установлена величина возможного размаха значений δ_c в пределах фиксированного положения переднего фронта трещины, образца, поковки и между различными поковками, полученными по одной технологии (10, 26, 30 и 39 % соответственно). Эти результаты подтверждают важность локального подхода при оценке вязкости разрушения структурно-неоднородных материалов.

Не вызывает сомнения **научная новизна** работы, которая заключается в следующем:

- разработан алгоритм прямого совмещения изображений разнородных структур в единой системе координат (в масштабах наблюдения 300 мм²), позволяющий оценить взаимосвязь их строения, совместное влияние на разрушение стали и эволюцию структур и дефектов по технологической цепочке;

- из статистики полиэдров Вороного (коэффициенты асимметрии распределения полиэдров Вороного – по числу соседей и расстоянию между ними) выявлено соответствие геометрии расположения пятен серного отпечатка и размещения ямок в вязких изломах образцов, испытанных на растяжение, что указывает на вклад сульфидов в развитии вязкого разрушения;

- на основе цифровых измерений геометрии раскрытия трещины, кинетики её развития (по измерениям АЭ и 3D-изображений изломов) уточнена процедура определения параметра δ_c . Полученные с её использованием величины КРТ согласуются с результатами прямого измерения раскрытия трещины (по пластической невязке) на основе сопоставления ответных половинок излома в единой системе координат;

- по измерениям величины δ_c (с использованием уточненного подхода) оценено различие трещиностойкости металла крупных поковок из улучшаемой стали 38ХНЗМФА – до 39 %, что определяется развитой неоднородностью разномасштабных структур.

Практическая значимость работы состоит в использовании предложенных методик измерения 2D- и 3D-геометрии изображений структур и изломов, уточненной методики определения КРТ (δ_c) для выявления причин неоднородности вязкости в крупных поковках с малым уковом.

Достоверность результатов обеспечивается использованием современной исследовательской техники, массовых цифровых измерений структур и разрушения в масштабах образца или изделия в сочетании с разнообразным программным обеспечением и адекватными статистическими методами обработки результатов, согласием с результатами, имеющимися в научно-технической литературе по данной проблеме.

Ценность научной работы заключается в цифровизации измерений структур, изломов, геометрии раскрытия трещины и кинетики её распространения, уточнении методики определения критического раскрытия трещины, что позволило объективно сопоставить неоднородность структур и разрушения крупных поковок из улучшаемой стали 38ХНЗМФА, выявить структурные факторы, лимитирующие разброс вязкости металла.

По содержанию диссертации и автореферата следует отметить **следующие замечания:**

- в первой главе диссертации упомянуто о влиянии размеров зерна на характеристики разрушения сталей, однако в работе нет количественных результатов оценки влияния зерна на разрушение в исследуемых поковках;

- в методическом разделе диссертации в качестве объекта исследования указаны поковки кубической и цилиндрической формы из стали 38ХНЗМФА в количестве трех шт, однако в таблице 5 автореферата значения трещиностойкости поковок из стали 38ХНЗМФА-Ш приведены уже для пяти поковок и не указано к каким типам поковок они относятся;

- есть отдельные недочеты при оформлении рисунков, например, в подписи к рисунку 18 диссертации не указано увеличение, при котором была получена панорама микроструктуры; на рисунке 32 диссертации не указано увеличение, при котором получены панорамы разнородных структур;

- из текста диссертации не вполне понятно, достаточно ли увеличения 100 крат для сопоставления изображений панорам разномасштабных структур и есть ли необходимость в получении панорам НВ и микроструктуры при больших увеличениях;

- обычно считается, что достижению критического раскрытия трещины δ_c соответствует момент наступления закритического роста трещины. Однако в рамках предложенной в работе методики определения КРТ предполагается, что существует несколько таких критических моментов, определяющих развитие статической трещины. Не противоречит ли это классическим понятиям о трещиностойкости материалов, как предельном состоянии образца с трещиной?

- в работе для оценки степени взаимосвязи величин используются либо коэффициент детерминации (R^2), либо коэффициент корреляции (R), однако почему нельзя ограничиться только одним из них, не указывается;

- отдельного обсуждения требует вопрос о влиянии габаритов образцов на получаемые значения критического раскрытия трещины по предложенной методике.

Заключение

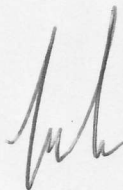
Отмеченные замечания не снижают общей ценности диссертации, которая является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение при разработке или совершенствовании технологии получения высокопрочных конструкционных сталей с развитой неоднородностью разномасштабных структур.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Основные этапы работы, выводы и результаты в достаточном объеме представлены в автореферате. Публикации в полной мере отражают содержание работы.

В целом, представляемая диссертационная работа по своему теоретическому и экспериментальному уровню, объему работы, актуальности, научной новизне и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете "МИСиС", предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Нго Нгок Ха, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

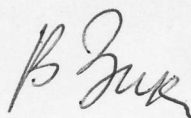
Отзыв обсужден и принят на заседании объединённого научно-технического совета
Научного центра качественных сталей и Центра сталей для труб и сварных конструкций
ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», протокол №8 от «16» сентября 2019 г.

Заместитель председателя НТС НЦКС и ЦТСК, к.т.н.
Морозов Юрий Дмитриевич



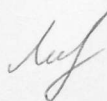
Ю.Д.Морозов

Ведущий научный сотрудник лаборатории
Свариваемых конструкционных сталей,
д.т.н., профессор



В.Н. Зикеев

Секретарь НТС НЦКС и ЦТСК
ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», к.т.н.



О.В. Ливанова

Подписи Морозова Ю.Д., В.Н. Зикеева и Ливановой О.В. заверяю:
Ученый секретарь ГНЦ РФ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», к.т.н.



Т.П. Москвина

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии
им. И.П. Бардина»

Адрес: 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2

ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина»

Тел. (495)777-93-01, e-mail: chermet@chermet.net