

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»
(НИТУ «МИСиС»)

Ленинский проспект, 4, Москва, 119991
Тел. (495)955-00-32; Факс: (499)236-21-05
<http://www.misis.ru>
E-mail: kancela@misis.ru

ОКПО 02066500 ОГРН 1027739439749
ИНН/КПП 7706019535/ 770601001

№ _____

№ _____

О направлении информации

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор НИТУ «МИСиС»
по науке и инновациям



М.Р. Филонов

«15» ноября 2017 г.

НИЦ «Курчатовский институт»- ЦНИИ КМ «Прометей»		
ДОУ	Вх. № 3989	в ДЕЛО
	«16» 11 2017 г.	№ _____
	Осн. 5 л.	подп. _____
	Прил. _____ л.	

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» на диссертационную работу

Пазиловой Ульяны Анатольевны

на тему: «Формирование структуры при изготовлении листового проката и отпуске сварных соединений из низкоуглеродистых высокопрочных сталей и взаимосвязь ее с физико-механическими свойствами»,

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности

05.16.01 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном унитарном предприятии «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Актуальность темы диссертации определена развитием потребностей в судостроительных сталях и необходимостью увеличения предела текучести (как минимум, до 750 МПа для листового проката толщиной до 40 мм) с сохранением всех свойств, присущих сталям более низкой прочности в т.ч. обеспечения повышенной стойкости к хрупкому разрушению, что расширяет сферу применения этих сталей, в частности, в надводных конструкциях морской техники, ледоколах и новом классе кораблей ледового плавания. Существенную роль при этом играет выполнение требования по уровню коррозионной стойкости металла.

К настоящему времени в ЦНИИ КМ «Прометей» применительно к судокорпусным конструкциям разработан целый спектр высокопрочных сталей, отличающихся уровнем легирования и прочностными свойствами. В частности, в рамках государственного

контракта от 11.07.2011г. № 11411.1007400.09.056 шифр «Ледоход» была запатентована экономнолегированная хладостойкая сталь с гарантированным пределом текучести 690 МПа (10ХН2МД) и предложен способ формирования мелкого аустенитного зерна перед превращением, заключающийся в накоплении пауз между проходами при горячей деформации на высокотемпературной стадии прокатки для инициации статической рекристаллизации.

Однако возможности управления структурой за счет варьирования технологических параметров далеко не исчерпаны, остается сложным ответ на вопрос о необходимости отпуска сварных конструкций.

В этой связи в работе автор решил ряд научно-практических задач, связанных с разработкой термомодеформационных режимов горячей пластической деформации для обеспечения гарантированного предела текучести 750 МПа листового проката толщиной до 40 мм, установлением особенностей влияния послесварочного отпуска на структуру, механические свойства и склонность к растрескиванию в ЗТВ сварных соединений из высокопрочных легированных сталей.

Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, общих выводов, списка литературы и двух приложений, в котором представлены акты внедрения результатов диссертационной работы.

Во введении показана актуальность выбранного направления работы, указаны цели и задачи работы, определены объект и предмет исследований, подходы к решению проблемы.

В первой главе приведен литературный обзор опубликованных материалов, в котором проанализированы металлургические и технологические аспекты повышения качества низкоуглеродистых высокопрочных, проанализированы проблемы, относящиеся к свойствам сварных соединений.

Во второй главе приведены характеристики исследованных низкоуглеродистых высокопрочных сталей с $S_{\text{экв}} = 0,6-0,7\%$ и представлены используемые методы исследования.

В третьей главе представлены результаты исследования фазовых превращений в основном металле и результаты моделирования на дилатометре температурных воздействий в ЗТВ сварных соединений, обусловленных термическим циклом сварки-нагревом в интервале температур от 1350 до 780°C, на фазовые превращения, структуру и твердость высокопрочной стали марок 10ХН4МДФ, 10ХН3МДФ и экономнолегированной стали марки 10ХН2МДБ.

Четвертая глава отражает результаты исследования закономерностей формирования структуры и свойств в стали 10ХН2МДБ после закалки с прокатного нагрева с отпуском, а также разработки и промышленного опробования новой технологии

производства листового проката толщиной до 40 мм с высоким уровнем прочности, пластичности и вязкости.

В пятой главе приводятся результаты исследований влияния кратковременного и длительного отпуска на структуру, твердость и механические свойства различных участков ЗТВ стали исследуемых марок после имитации термического цикла сварки.

Шестая глава посвящена оценке трансформации структуры основного металла и металла двух участков ЗТВ с наибольшей структурной неоднородностью (крупнозернистого участка и частичной перекристаллизации) при совместном влиянии нагрузки (имитирующей релаксацию остаточных напряжений в сварном соединении) и температуры (при высоком отпуске). Здесь же закономерно обсуждены механизмы разрушения разнородных структур.

В седьмой главе приведены результаты исследования сварных соединений из высокопрочных низкоуглеродистых легированных сталей и результаты внедрения.

В заключении диссертационной работы по результатам лабораторных и промышленных экспериментов сформулированы основные выводы.

Научную новизну диссертационной работы составляют: установленные закономерности измельчения в ходе прокатки блоков мартенситно-бейнитной структуры и относительного росту доли малоугловых границ с разориентировками не менее 5° в конечной структуре в ходе прокатки, повышающие прочность на 50-100 МПа без дополнительного легирования; зависимости общего удлинения для зоны термического влияния (ЗТВ) сварных соединений высокопрочных низкоуглеродистых сталей различного уровня легирования ($C_{экв} = 0,6-0,8\%$) с мартенситно-бейнитной структурой от скорости деформирования в интервале температур 600-640°C, характерных для высокого отпуска; предложенная методика оценки влияния кинетики фазовых превращений в ЗТВ сварных соединений высокопрочных легированных сталей с мартенситно-бейнитной структурой, влияния отпуска при выбранной температуре, в том числе с приложением деформации с низкой скоростью (до $5,5 \cdot 10^{-6}$ с⁻¹), на склонность к охрупчиванию.

Обоснованность и достоверность научных положений и сформулированных выводов обеспечивается воспроизводимостью и согласованностью анализируемых данных, применением современных методов исследования микроструктуры и механических свойств стали, положительными результатами промышленного опробования разработанных на основании экспериментальных данных рекомендаций.

В качестве практической ценности работы следует считать внедрение технологических режимов изготовления листового проката толщиной до 40 мм из стали с гарантированным пределом текучести до 750 МПа в опытно-промышленном производстве ООО «ОМЗ-Спецсталь» (и внесением их в технологическую инструкцию ТИ № 32/4АСТ-2016); разработку «Методических указаний по прогнозированию склонности к

охрупчиванию в ЗТВ сварных соединений из низкоуглеродистых высокопрочных легированных сталей при послесварочном отпуске», внедренную для использования на комплексе GLEEBLE 800 лаборатории «Исследование и моделирование структуры и свойств металлических материалов» СПбПУ Петра Великого.

Результаты диссертационного исследования рекомендуется при освоении технологии производства судостроительного проката с повышенными требованиями по вязкости, хладостойкости и коррозионной стойкости.

Результаты диссертационной работы отражены в 13 печатных работах, из них – 8 в рецензируемых научных изданиях, входящих в список ВАК, двух патентах.

Личный вклад автора заключается в формулировании основных положений диссертационной работы, планировании и проведении экспериментов, обработке полученных результатов, участии в разработке режимов моделирования структур (комплексу GLEEBLE 3800), проведении структурных исследований на всех этапах работы, анализе полученных результатов.

По содержанию диссертации и автореферата следует отметить следующие замечания:

- при сопоставлении результатов сериальных ударных испытаний (зависимость работы удара от температуры испытаний – с. 116 дисс. работы) было полезно оценить все составляющие хладноломкости: положение верхней и нижней полки, темп снижения ударной вязкости с понижением температуры испытания, а не ограничиваться только сравнением температур хрупкости;

- при определении трещиностойкости проката (на основе критического раскрытия трещины) не указано количество образцов, испытанных на точку (с. 52 дисс. работы), при сопоставлении результатов, например, табл. 4.2.3 (с. 118 дисс. работы) это затрудняет их сопоставление, особенно с учетом традиционно большого разброса значений вязкости разрушения даже в пределах одного и того состава и технологии получения металла;

- с учетом роста вычислительных мощностей и наличия программных продуктов по обработке изображений в материаловедении, из результатов выполненного в работе систематического исследования структур можно было бы извлечь существенно больше содержательной информации о различиях в морфологии структур. Это позволило бы сформулировать количественные требования к ним;

- есть определенные сомнения в механизме зернограницного проскальзывания под действием деформаций при релаксации остаточных напряжений с образованием трещин в тройных стыках бывших аустенитных зерен, предложенного в работе для объяснения причин появления интеркристаллитного разрушения. Не обсуждены в связи с этим конкурирующие механизмы – наличие зернограницных сегрегаций и выделений;

- отсутствие статистических оценок некоторых зависимостей, например, представленных на рис. 5.1.1а (с. 123 диссертации), не позволяет оценить значимость, сделанных на их основе промежуточных выводов;

Однако отмеченные замечания не снижают общей ценности диссертации, которая является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические технические разработки по повышению эффективности технологии получения судостроительных, низколегированных, высокопрочных сталей, что имеет существенное значение для развития страны.

Представляемая диссертационная работа соответствует формуле и пункту 3 области исследования специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»: «3. Теоретические и экспериментальные исследования влияния структуры (типа, количества и характера распределения дефектов кристаллического строения) на физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные свойства металлов и сплавов. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Основные этапы работы, выводы и результаты в достаточном объеме представлены в автореферате. Публикации в полной мере отражают содержание работы.

На основании вышеизложенного считаем, что представленная диссертационная работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, в редакции Постановления Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а её автор Пазилова Ульяна Анатольевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Работа заслушана и обсуждена на заседании кафедры металловедения и физики прочности НИТУ «МИСиС» 09 ноября 2017 г., протокол № 3.

Заведующий кафедрой
металловедения и физики
прочности, проф., д.т.н.



С.А. Никулин

Ученый секретарь
кафедры, доц., к.т.н.



В.Ю. Турилина

Одновременно
16.11.17
