

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 217.035.01 НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ИМ. И.П. БАРДИНА»
МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 14 июня 2017 г. № 2.2

О присуждении **Ментюкову Кириллу Юрьевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние термомеханической обработки при производстве проката и трубного передела на структуру и механические свойства низколегированных сталей для труб большого диаметра» по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» принята к защите **12 апреля 2017 г.**, протокол №2.1 диссертационным советом Д 217.035.01 на базе федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, по адресу: 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г. и частичное изменение № 194/нк от 22.04.2013 г.

Соискатель, Ментюков Кирилл Юрьевич 1985 года рождения (г. Москва), в 2009 году окончил «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана» (г. Москва). В 2015 г. окончил заочную аспирантуру ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов». **Справка об обучении** в аспирантуре и сдаче кандидатских экзаменов выдана

в 2017 г. аспирантурой ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина». Экзамены по истории и философии науки (технические науки), иностранному языку (английский) и по специальности «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» сданы на отлично.

С 01.2010 работает старшим научным сотрудником в «Центре новых металлургических технологий» федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Диссертация выполнена в «Центре сталей для труб и сварных конструкций» и «Центре новых металлургических технологий» федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, Борцов Александр Николаевич, Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», «Центр новых металлургических технологий», ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Кудря Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», профессор кафедры «Металловедения и физики прочности»;

Сулягин Роман Валерьевич, кандидат технических наук, Общество с ограниченной ответственностью «Бизнес Тренд», начальник управления технического надзора

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация Общество с ограниченной ответственностью

«Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», Московская обл., п. Развилка, в своем **положительном заключении**, подписанном Есиевым Таймуразом Сулеймановичем, к.т.н., начальником лаборатории труб Центра развития трубной продукции и технологий сварки ООО «Газпром ВНИИГАЗ» и Семенцевым Александром Михайловичем, д.т.н., заместителем директора Центра стандартизации и сертификации ООО «Газпром ВНИИГАЗ», **указала, что научная значимость работы определяется** установлением закономерности формирования прочностных свойств металла труб и их изменения по толщине стенки в процессе трубного передела сталей классов прочности К52-К65 с ферритно-перлитной и ферритно-бейнитной структурами. При этом показано, что неоднородность распределения свойств по толщине стенки трубы обусловлена действием двух факторов: 1) градиента скоростей охлаждения, возникающего в процессе ускоренного охлаждения проката, и 2) малых упругопластических деформаций, испытываемых металлом в процессе формовки и экспандирования. **Практическая значимость работы заключается** в создании программного продукта для прогнозирования свойств металла труб, внедрении ее результатов в техническую документацию ПАО «Северсталь» (изменение в Технических условиях на стальной прокат).

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 8 работ, в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ при Минобрнауки России, – 5 работ.

Научные публикации посвящены анализу влияния процесса охлаждения толстолистового проката после завершения прокатки и до момента его охлаждения до температуры 200 °С на формирование структуры и свойств толстолистового проката; изучению распределения механических свойств металла трубной заготовки и их изменения в процессе изготовления труб большого диаметра; исследованию влияния знакопеременных по направлению деформаций с амплитудой 0,5/1,0/1,5% на изменение

механических свойств металла; разработке физической модели для определения механических свойств материала труб в зависимости от свойств материала листов.

Результаты, представленные в опубликованных работах, могут быть использованы для оценки требований, предъявляемых к трубной заготовке, корректировки нормативно-технической документации на прокат.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Ментюков К.Ю., Борцов А.Н., Горошко Т.В.** Анизотропия механических свойств и чувствительность механических свойств к деформационному старению основного металла // **Проблемы черной металлургии и материаловедения.** 2015. №2. С. 57-65.

2. **Ментюков К.Ю., Борцов А.Н., Величко А.А., Сычев О.Н.** Прогнозирование механических свойств основного металла при изготовлении прямошовных труб большого диаметра // **Проблемы черной металлургии и материаловедения.** 2016. №4. С. 59-67.

3. **Ментюков К.Ю., Борцов А.Н., Макушев С.Ю., Шабалов И.П., Липунов Ю.И., Сычев О.Н.** Особенности микроструктурного состояния высокопрочных сталях для труб большого диаметра // **Металлург.** 2017. №1. С. 57-63.

На диссертацию и автореферат поступило 10 **положительных** отзывов с замечаниями. В отзывах отмечена актуальность работы, направленной на установление тенденций изменения структуры и механических свойств низколегированной трубной стали при ТМО и трубном переделе; показано, что при контролируемом охлаждении высокопрочных сталей в промышленных условиях со среднемассовой скоростью $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ скорость охлаждения в середине проката толщиной $27,7\div 33,4$ мм составляет $8\div 5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$, в то время как в поверхностном слое она в $5\div 6$ раз выше, что приводит к неравномерности структуры и свойств по толщине листа (**ВолгГТУ, СПбПУ, ПАО «ЧТПЗ», ТГУ**); для решения поставленных задач были разработаны метод исследования послойных механических свойств по

толщине проката и стенки трубы и метод имитации деформации основного металла при трубном переделе, позволяющий оценить характер и величину изменения механических свойств основного металла трубы (АО «ВТЗ», ООО «ТИТ», АО «Северсталь»); проведен анализ изменения механических свойств по толщине листа (с применением послойных образцов) под воздействием пластической деформации при формовке труб большого диаметра, впервые установлено, что наибольшие значения предела текучести соответствуют внутренней поверхности трубы, а минимальные – наружной (ВолгГТУ, СПбПУ, ООО «ТИТ», НИЦ «Строительство», ПАО «ЧТПЗ», ТГУ, АО «ВМЗ»); на основе выявленных закономерностей разработан программный продукт для прогноза механических свойств труб большого диаметра различных классов прочности (АО «ВТЗ», AUROHILL, ВолгГТУ, СПбПУ, НИЦ «Строительство», ПАО «ЧТПЗ», АО «Северсталь»); практическая значимость работы состоит в изменении технических условий на прокат ПАО «Северсталь» в части повышения верхней границы отношения предела текучести к временному сопротивлению разрыву с 0,90 до 0,92 для классов прочности K54-K60 (AUROHILL, ООО «ТИТ», АО «ВМЗ»); достоверность полученных результатов подтверждается значительным объемом проведенных исследований, широким применением современных методов исследования и математической обработки. (ВолгГТУ, СПбПУ, ООО «ТИТ»).

Краткий перечень замечаний:

В промышленных условиях применяют различные скорости охлаждения (не только 20 град/с) в зависимости от толщины проката (АО «ВТЗ»); не ясно, учитывал ли автор при моделировании распределения температуры по сечению листа неоднородность исходного распределения температуры по длине проката, переменность теплофизических характеристик металла и охлаждающей среды в процессе охлаждения проката (AUROHILL); автор недостаточное внимание уделил влиянию пластической деформации на снижение характеристик трубной продукции

при ударных испытаниях, в частности, испытаниях падающим грузом (AUROHILL, АО «Северсталь»); в автореферате дано поверхностное объяснение близости к симметричному распределению предела текучести по толщине, показанного на рис. 14 и 15, исходя из изменения микроструктуры (ВолгГТУ); на рисунке 13 на оси ординат представлены значения «снижения ударной вязкости», нагляднее было бы представить не разность, а сами значения (СПБПУ); на странице 15 (рис. 14а и 15а) в подрисуночной подписи указано «расстояние от нижней поверхности проката», при этом на самих рисунках ось абсцисс обозначена как «расстояние от верхней поверхности листа»; на странице 19 сказано, что «Область положительных деформаций соответствует бывшим внешним слоям трубы, которые при правке образца подвергались растягивающим напряжениям, а при испытании образца на растяжение для них происходит смена знака нагружения». Это неверно, так как внешние слои трубы при правке образца должны были подвергаться сжимающим напряжениям (СПБПУ); характер фазовых превращений в стали после термомеханической обработки корректнее показывать для аустенита, подвергнутого деформации перед охлаждением (ООО «ТИТ», АО «ВМЗ»); следовало бы указать, что тип структуры с выделениями цементита, показанный для стали К65 толщиной 17,5 мм (рис. 9) с высокой температурой прерывания ускоренного охлаждения $T_{кво}=630^{\circ}\text{C}$ (рис. 8) (ООО «ТИТ»); в тексте автореферата отсутствует упоминание об эффекте Баушингера (ООО «ТИТ»); не указано стали ли величины ударной вязкости меньше нормативных значений с повышением толщины стенки труб; не указано, из каких зон сечения отбирались образцы для ударных испытаний (НИЦ «Строительство»); не исследованы свойства в продольном направлении и их изменение при трубном переделе (ПАО «ЧТПЗ»); целесообразно сопроводить представленные в работе расчетные изменения температурных полей и скорости охлаждения проката со временем экспериментальными изменениями температуры (ТГУ); для учета структурного состояния основного металла, использование только

временного сопротивления разрыву формуемого листа является недостаточным (ТГУ, АО «ВМЗ»); не приведены статистические данные по проверке адекватности модели прогнозирования механических свойств основного металла труб (АО «ВМЗ»).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

Кудря Александр Викторович – ведущий специалист в области физики прочности и разрушения, измерения структур высокопрочных сталей и сплавов, информационных технологий в управлении качеством конструкционных материалов, автор более 15 публикаций по металловедению и механическим свойствам металлов, а также учебных пособий и книг.

Сулягин Роман Валерьевич – ведущий специалист в области технологии производства и контроля качества проката и труб большого диаметра, разработки и внедрения новой трубной продукции, автор более 35 публикаций по вопросам металловедения, термомеханической обработки, механических свойств низко-, средне- и высоколегированных сталей.

Ведущая организация – Общество с ограниченной ответственностью «**Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ**», является головным научным технологическим центром ПАО «Газпром», научная деятельность института охватывает практически все аспекты функционирования газовой промышленности, в том числе вопросы исследования, разработки нормативной документации, обоснования и рекомендации по применению трубной продукции.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Выявлены закономерности формирования структуры и механических свойств основного металла газопроводных труб большого диаметра с учетом условий охлаждения при производстве проката (листовой трубной заготовки)

и последующего деформационного воздействия при трубном переделе.

Предложена новая методика прогнозирования механических свойств металла готовых труб в зависимости от предела прочности исходной трубной заготовки, диаметра и толщины стенки трубы.

Показано, что при воздействии знакопеременных деформаций менее 1,5% в сталях классов прочности К52-К65 наблюдается снижение предела текучести, причем максимальное снижение предела текучести на 100-110 Н/мм² при повторной деформации обратного знака наблюдается для стали класса прочности К65.

Впервые в отечественной практике установлено, что под действием знакопеременных деформаций в процессе трубного передела симметричное распределение механических свойств металла по толщине листа в стенке трубы изменяется таким образом, что наибольшие значения предела текучести соответствуют внутренней поверхности трубы, а минимальные - наружной.

Обнаружено снижение величины требуемой в нормативно-технической документации ударной вязкости (KCV^{-20}) при формовке труб диаметром 1420 мм из листов класса прочности К60 с 301 до 205 Дж/см² по мере увеличения толщины стенки от 18,7 до 32 мм, что отчасти объясняется увеличением максимальной деформации листа при формовке трубы.

Выявлена закономерность формирования механических свойств в процессе производства труб большого диаметра из сталей классов прочности К52-К65 с ферритно-перлитной и ферритно-бейнитной структурами, заключающаяся в том, что результирующее значения предела текучести будет определяться вкладом наружных и внутренних слоев трубы, испытывающих разнонаправленную деформацию при трубном переделе.

В работе использованы современные методы изучения микроструктуры металла, в том числе оптическая и электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, термокинетические диаграммы превращения аустенита. Для изучения распределения механических свойств

по толщине листа и стенки трубы разработана методика послойного отбора и испытания образцов. Имитация этапов трубного передела выполнена с помощью оригинальной методики циклических испытаний специальных образцов, предложенной в данной работе.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

На основании проведенных исследований и экспериментов был разработан и апробирован программный продукт «Северсталь-ЦНИИчермет» для прогнозирования механических свойств металла труб большого диаметра в зависимости от толщины стенки, диаметра трубы и механических свойств исходной трубной заготовки.

Внесены изменения в технические условия на поставку толстолистового проката производства ПАО «Северсталь» в части расширения диапазона допустимых границ по отношению предела текучести к пределу прочности в прокате классов прочности К54-К60.

Рекомендации по использованию результатов: полученные результаты могут быть использованы на отечественных предприятиях, производящих газопроводные трубы большого диаметра (АО «ИТЗ», АО «ВТЗ», ПАО «ЧТПЗ», АО «ВТЗ» и др.)

Оценка достоверности результатов выявила: результаты получены с использованием аттестованного испытательного оборудования, с применением современной исследовательской техники. Исследования механических свойств и моделирование поведения металла при знакопеременной деформации выполнялось на образцах промышленного металла в заводских условиях.

Личный вклад соискателя состоит в том, что он непосредственно участвовал планировании и проведении промышленных исследований и отборе образцов, лично проводил лабораторные исследования, выполнял обработку и анализ полученных результатов, участвовал в испытании механических свойств.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой **решена задача** прогнозирования свойств основного металла труб большого диаметра на основе изучения особенностей формирования структуры и свойств толстолистового проката в процессе контролируемого охлаждения, а также влияния малых пластических деформаций в процессе трубного передела и соответствует критериям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., и пунктам 2 и 3 паспорта специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

На заседании 14 июня 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Ментюкову К.Ю. ученую степень кандидата технических наук (протокол № 2.2).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 8 докторов наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» и 10 – по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния», участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 17, «против» – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета,
д.ф.-м.н., профессор



А.М. Глезер

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.т.н., с.н.с.

Н.М. Александрова

Дата оформления заключения: 19 июня 2017 г.