

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.437.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 05.06.2024 г. №51

О присуждении Красикову Андрею Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Теоретические основы новой технологии прокатки товарных труб специального назначения из коррозионно-стойких марок стали на агрегатах с непрерывными станами с контролируемо-перемещаемой оправкой» по специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением принята к защите 31.01.2024 г. (протокол заседания №51П) диссертационным советом 24.2.437.01, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080 г. Челябинск, пр. Ленина, д. 76, утвержденным приказом №105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Красиков Андрей Владимирович, 17.04.1981 года рождения, в 2008 году окончил федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный технологический университет Московский институт стали и сплавов» по специальности «Обработка металлов давлением».

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Исследование процесса раскатки труб на агрегатах с непрерывными станами с

целью повышения износостойкости оправок» защитил в 2015 году в диссертационном совете, созданном на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов». С 2021 г. по 2024 г. прошел обучение в докторантуре по специальности Обработка металлов давлением на кафедре процессы и машины обработки металлов давлением федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Соискатель работает в должности главного прокатчика в акционерном обществе «Волжский трубный завод» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре процессов и машин обработки металлов давлением федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор Выдрин Александр Владимирович, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», кафедра процессов и машин обработки металлов давлением, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

– Швейкин Владимир Павлович, доктор технических наук, доцент, директор федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт машиноведения им. Э.С. Горкунова Уральского отделения РАН;

– Чикишев Денис Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологий обработки материалов, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»;

– Раскатов Евгений Юрьевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой металлургических и роторных машин, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (НИУ)», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой «Оборудование и технологии прокатки», доктором технических наук, профессором Колесниковым Александром Григорьевичем и утвержденном проректором по науке и цифровому развитию Дрогозовом Павлом Анатольевичем, указала, что:

- в рассматриваемой работе точно оценена актуальность проведенных исследований, направленных на импортозамещение способа горячего прессования труб способом прокатки бесшовных труб из коррозионно-стойких марок стали с применением непрерывно-литой заготовки и трубопрокатного агрегата с непрерывным станом с контролируемо-перемещаемой оправкой;

- наиболее значимые практические результаты диссертации заключаются в разработке и внедрении новой технологии подготовки непрерывно-литых заготовок из коррозионно-стойких марок стали мартенситного и аустенитного класса и прокатки из них бесшовных труб высокого качества внутренней и наружной поверхности, точности геометрических размеров, а также требуемых

эксплуатационных свойств для нефтяной и атомной промышленности Российской Федерации;

- диссертационная работа является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на актуальную тему, в котором приведены научные результаты, позволяющие квалифицировать их как новые научно обоснованные технические решения в технологии прокатки бесшовных труб специального назначения из коррозионно-стойких марок стали на агрегате с непрерывным станом с контролируемо-перемещаемой оправкой, направленные на улучшение ее потребительских свойств;

- диссертационная работа Красикова А.В. отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а Андрей Владимирович Красиков заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением.

Соискатель имеет 45 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 45 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 12 работ. В диссертацию включены результаты, полученные автором лично, авторский вклад составляет 444 стр. Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают ее основные положения. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:

1. Трутнев Н.В. Освоение производства бесшовных труб из нержавеющей стали мартенситного класса марки типа 13Cr на ТПА 159-426 АО ВТЗ / Трутнев Н.В., **Красиков А.В.**, Ульянов А.Г., Лубе И.И., Космацкий Я.И., Корсаков А.А. // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. №12. С.68-71. (4с./2с.)

2. Лубе И.И. Повышение стойкости оправок прошивного стана при производстве бесшовных труб из нержавеющей стали мартенситного класса марки типа 13Сг в линии ТПА 159-426 АО ВТЗ / Лубе И.И., Трутнев Н.В., Тумашев С.В., **Красиков А.В.**, Ульянов А.Г., Корсаков А.А., Космацкий Я.И. // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2020. Т.76, №12. С.1259-1264. (6 с./3с.)

3. Трутнев Н.В. Освоение технологии прокатки труб из нержавеющей стали / Трутнев Н.В., Выдрин А.В., Буняшин М.В., **Красиков А.В.**, Черных И.Н., Звонарев Д.Ю., Ульянов А.Г. // Сталь. 2021. №2. С.35-38. (4с./2с.)

4. Корсаков А.А. Разработка математической модели и компьютерной программы для расчета энергосиловых параметров процесса обжатия непрерывнолитых заготовок на трехвалковых станах винтовой прокатки / Корсаков А.А., Михалкин Д.В., Заварцев Н.А., **Красиков А.В.**, Тыщук И.Н., Ульянов А.Г., Байков В.В. // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2021. Т.77, №1. С.55-62. (8с./4с.)

5. Кузнецов В.И. Смазочно-дезоксирующие материалы и оборудование для их подачи в линиях ТПА с непрерывными станами / Кузнецов В.И., **Красиков А.В.**, Выдрин А.В., Пашнина Е.Ю., Соколов Д.К., Жуков А.С. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». 2021. Т.21, №2. С.42-50. (9с./5с.)

6. Красиков А.В. Технология подготовки непрерывно-литой заготовки из нержавеющей марки стали к прокатке на ТПА с непрерывным станом с контролируемо-перемещаемой оправкой / Красиков А.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». 2021. Т.21, №3. С.40-48.

7. Кузнецов В.И. Повышение эффективности производства и качества труб на основе решения трибологических проблем / Кузнецов В.И., Выдрин А.В., **Красиков А.В.**, Кривошеев А.А., Пашнина Е.Ю., Соколов Д.К., Нерозников В.Л. // Сталь. 2022. №1. С.28-34. (7с./4с.)

8. Кузнецов В.И. Разработка конструкции для контроля вдуваемой массы смазочно-дезоксирующего материала / Кузнецов В.И., Соколов Д.К., Кривошеев А.А., Пашнина Е.Ю., Гладких В.С., Панасенко О.А., Нерозников

В.Л., **Красиков А.В.** // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». 2022. Т.22, №2. С.74-85. (12с./5с.)

9. Трутнев Н.В. Освоение производства непрерывнолитой заготовки из стали 08X18H10T для изготовления горячекатаных и прессованных труб / Трутнев Н.В., **Красиков А.В.**, Кузнецов В.Ю., Морозов В.В., Войтенко Р.М. // Сталь. 2022. №5. С.8-12. (5с./3с.)

10. Черных И.Н. Экспериментальное исследование процессов дефектообразования при редуцировании труб / Черных И.Н., Гейм Е.А., Нифантьев П.Н., Ульянов А.Г., **Красиков А.В.**, Тыщук И.Н. // Сталь. 2023. №2. С.27-29. (3с./2с.)

11. Красиков А.В. Сравнительное исследование процесса прошивки сверленной и сплошной заготовки / **Красиков А.В.**, Выдрин А.В., Звонарев Д.Ю., Корсаков А.А., Ульянов А.Г., Денисюк С.А. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». 2023. Т.23, №1. С.30-37. (8с./4с.)

12. Красиков А.В. Основы технологии прокатки товарных труб специального назначения из труднодеформируемых марок стали на агрегатах с непрерывными станами с контролируемо-перемещаемой оправкой / **Красиков А.В.** // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». 2023. Т.23, №2. С.14-22.

На диссертацию и автореферат поступило 11 отзывов (все – положительные), содержащие следующие замечания и вопросы:

1. От генерального директора ООО «ПОЛИТЕГ-МЕТ», кандидата технических наук Юркова Игоря Ивановича. Вопросов и замечаний нет.

2. От главного инженера АО «ТАГМЕТ» Шарафаненко Ильи Константиновича. Вопросов и замечаний нет.

3. От профессора кафедры «Обработка металлов давлением» ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доктора технических наук Орлова Григория Александровича. Вопросы и замечания: 1) Из автореферата неясно, какие непрерывные станы

исследовались в работе: с двухвалковыми, трехвалковыми клетями, типа PQF, FQM ? 2) Каким образом в исследованиях использовались полученные данные по сопротивлению деформации, учитывалось ли разупрочнение между клетями при прокатке? 3) Каким образом при компьютерном моделировании рассчитывалась степень исчерпания ресурса пластичности, учитывалось ли залечивание дефектов при горячей деформации ?

4. От заведующего кафедрой «Материаловедение и композиционные материалы» ФГБОУ ВО «Волгоградского государственного технического университета», доктора технических наук, доцента Гуревича Леонида Моисеевича. Вопросы и замечания: 1) Краткость формулировок пунктов научной новизны, затрудняющая оценку того, какая новая, по мнению диссертанта, информация содержится, например, в определенных закономерностях трансформации структуры, пластических и прочностных свойств коррозионно-стойких марок стали применительно к многооперационной и многопроходной схеме производства труб в линии ТПА с непрерывным раскатным станом. 2) В диссертации не приведены в полной мере результаты экспериментального исследования по износу дорогостоящих оправок непрерывного стана при горячей раскатке гильз из коррозионно-стойких марок стали.

5. От профессора кафедры «Обработка металлов давлением» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», доктора технических наук, профессора, лауреата премии Совета министров СССР и премии правительства РФ Романцева Бориса Алексеевича. Вопросы и замечания: 1) Полученные в результате исследования коэффициенты трения между валками и раскатываемой в непрерывном стане гильзой из коррозионно-стойких марок стали аустенитного класса, а также между оправкой и горячим металлом достаточно велики и могут привести к поломке оборудования. 2) В диссертации не приведены результаты исследования износа оправок непрерывного стана при горячей раскатке гильз из коррозионно-стойких марок стали.

6. От профессора кафедры «Обработка металлов давлением и аддитивные технологии» ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», доктора технических наук, профессора Шаталова Романа Львовича. Вопросы и замечания: 1) Технологические смазки влияют не только на качество поверхностей труб, износ деформирующего инструмента, но и на формирование размеров проката, что недостаточно исследовано. 2) Экспериментально установлено, что при винтовой прокатке рифление носка оправки в 20 раз повышает ее стойкость. Однако в работе, не достаточно подробно раскрыт механизм этого эффективного технического решения. 3) Не приведены результаты экспериментального исследования по износу оправок непрерывного стана при горячей раскатке стальных гильз.

7. От заведующего лабораторией «Механика деформации» ФГБУН «Институт машиноведения им. Э.С. Горкунова» Уральского отделения РАН, доктора технических наук, профессора Коновалова Анатолия Владимировича. Вопросы и замечания: 1) При горячей деформации сопротивление сталей пластической деформации зависит не только от температуры нагрева металла и степени деформации, но также от скорости деформации. Однако в формуле (2) скорость деформации в качестве аргумента отсутствует.

8. От профессора кафедры «Обработка металлов давлением и материаловедение. ЕВРАЗ ЗСМК» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», доктора технических наук, профессора Фастыковского Андрея Ростиславовича. Вопросы и замечания: 1) Из автореферата не понятна причина эффекта увеличения в 20 раз стойкости рабочего конуса оправки за счет рифления его поверхности. 2) Вызывает сомнение достоверность данных, приведенных на рис. 2 а-г так как они противоречат общепринятым представлениям о влиянии температуры и смазки на коэффициент трения. Особенно выделяется рис. 2 в, где при температуре 900 °С с использованием смазки коэффициент трения равен 0,6 (максимально возможный при горячей деформации 0,58), при увеличении температуры от

1000 °С до 1200 °С коэффициент трения резко увеличивается и превышает значения коэффициента трения в таких же условиях без смазки рис.2 а.

9. От шеф-редактора ИД «Руда и металлы», главного редактора «Горного журнала», доктора экономических наук Воробьева Александра Григорьевича. Вопросы и замечаний нет.

10. От профессора кафедры «Обработка металлов давлением» ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», доктора технических наук, профессора Бельского Сергея Михайловича и заведующего кафедрой «Оборудование и процессы машиностроительных производств» ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», кандидата технических наук, доцента Золотухина Павла Ивановича. Вопросы и замечания: 1) Раздел главы 1, посвященный постановке задач исследования, выполнен формально и в самых общих чертах (в отличие от введения). 2) Марки стали 08X18H10T и 12X18H10T широко используются при производстве коррозионно-стойких бесшовных труб, технология производства которых отработана. С какой целью проводились исследования пластических и прочностных свойств этих марок стали? 3) Как влияет трение на контакте внутренней поверхности стенки прокатываемой трубной заготовки и оправки на энергосиловые параметры процесса прокатки и формоизменение заготовки? 4) Какое влияние на качество внутренней поверхности трубной заготовки оказывает прокатка на контролируемо-перемещаемой оправке? 5) В диссертации следовало бы представить критерии определения минимальной толщины стенки трубной заготовки при обеспечении ее целостности при прокатке на контролируемо-перемещаемой оправке.

11. От и.о. начальника НПК-6 НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей», кандидата технических наук Кудрявцева Алексея Сергеевича и первого заместителя генерального директора НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей», доктора технических наук, лауреата премии правительства РФ Каштанова Александра Дмитриевича. Вопросы и замечания: 1) В качестве рациональной температуры прокатки труб из стали марки

08X18H10T диссертант на основании анализа уровня нагрузок на прокатную клетку и снижения угла охвата оправки металлом определил температуру 1200°C, при этом исследования влияния этих параметров на структуру стали не представлены. 2) При рассмотрении различных технологических факторов целесообразно было бы привести их влияние на конечную структуру стали. 3) Сквозная технология изготовления труб специального назначения, включает в себя также окончательную термическую обработку, тем не менее информация об этой технологической операции в тексте автореферата отсутствует. 4) Автор для описания поверхности труб использует термин «высокое качество», при этом численной характеристики данного термина не приводится.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием темы диссертационной работы соискателя профилю их научной деятельности и области научных компетенций. Оппоненты и ведущая организация широко известны своими достижениями в данной области науки, имеют публикации по исследованиям, близким к проблеме работы соискателя. Благодаря этому они способны определить научную и практическую ценность диссертации соискателя.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны и внедрены новые сквозные технологии прокатки труб из коррозионно-стойких марок стали мартенситного и аустенитного класса, обеспечивающие высокое качество внутренней и наружной поверхности, точность геометрических размеров, а также требуемые эксплуатационные свойства для нефтяной и атомной промышленности Российской Федерации; *предложен* и запатентован ряд технических решений для реализации новой технологии прокатки на современных ТПА с непрерывными станами и контролируемо-перемещаемой оправкой. С использованием разработанных теоретических основ обосновано экспериментально, а затем *доказана* принципиальная техническая возможность производства товарных труб

специального назначения из коррозионно-стойких марок стали прокаткой, взамен имеющей ряд недостатков и ограничений технологии прессования. *Определено*, что при прокатке труб из коррозионно-стойких марок стали аустенитного класса для обеспечения стабильного извлечения контролируемо-перемещаемой оправки необходимо использовать специальную калибровку с овальностью $1,05 \div 1,18$ при соотношении ширины калибра к диаметру гильзы не превышающем 1,07. Новая технология прокатки является универсальной и может быть тиражирована на все ТПА указанного типа.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность методики проведения и обработки результатов исследования пластичности и сопротивления металлов пластической деформации с использованием современного испытательного оборудования, которая позволяет учитывать влияние истории нагружения при изготовлении бесшовных горячедеформированных труб на ТПА с непрерывными станами, и вносит вклад в расширение представлений о закономерностях изменения сопротивления пластической деформации коррозионно-стойкой стали аустенитного класса в зависимости от степени деформации, скорости деформации, температуры и истории деформирования; *применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)* использованы такие классические научные методы как термомеханическое моделирование на установке Gleeble 3800, компьютерное моделирование в программном комплексе QForm 3D, лабораторное моделирование на современных прокатных мини-станах, а так же математическое моделирование; *изложены* закономерности трансформации структуры, пластических и прочностных свойств коррозионно-стойких марок стали применительно к многооперационной и многопроходной схеме производства труб в линии ТПА с непрерывным раскатным станом; *раскрыты* особенности контактного трения в процессе горячей деформации коррозионно-стойкой стали при наличии на

контактных поверхностях дезоксидирующих и смазочных материалов; *изучены* закономерности формоизменения металла в процессах прошивки сплошных и полых заготовок, а также раскатки гильз из коррозионно-стойких марок стали аустенитного класса в линии ТПА с непрерывным станом с контролируемо-перемещаемой оправкой, учитывающие особенности контактных взаимодействий с технологическим инструментом; *проведена модернизация* существующих методик и моделей применительно к раскатке не в одноклетьевом, а в многоклетьевых непрерывных станах.

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

разработаны и внедрены в промышленное производство новые способы подготовки непрерывно-литых заготовок из коррозионно-стойких марок стали мартенситного и аустенитного класса к прокатке, устраняющие все недостатки литой структуры металла; *определены* требования к дезоксидирующим и смазочным материалам, обеспечивающие высокое качество внутренней поверхности бесшовных труб из коррозионно-стойких марок стали мартенситного и аустенитного класса; *созданы* новые сквозные технологии прокатки труб, обеспечивающих высокое качество внутренней и наружной поверхности, точность геометрических размеров, а также требуемые эксплуатационные свойства; *представлено* техническое решение повышения износостойкости оправок при прошивке заготовок из коррозионно-стойких марок стали в 20 раз.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использованием общепризнанных методов изучения процессов обработки металлов давлением, поверенных в установленном порядке оборудования и приборов, а также стандартного программного обеспечения; в части *теории* использованием основополагающих принципов обработки металлов давлением; *идея базируется* на данных из существующих литературных источников и практики

производства бесшовных труб специального назначения в промышленных условиях; *использовано* сравнение результатов и выводов лабораторных исследований с проведенными ранее работами; *установлено* соответствие между полученными автором данными с данными других исследований; достоверность результатов исследования *подтверждена* их воспроизводимостью в промышленных условиях при производстве серийной продукции.

Личный вклад соискателя состоит в определении актуальности, цели и постановке задач исследования; выдвижении основных идей, их научном обосновании; личном участии в проведении экспериментов; непосредственном участии в анализе и интерпретации полученных результатов; в непосредственном участии в опытно-промышленной апробации; инициировании и написании научных трудов по теме диссертации, выдвижении идей и выступлении с докладами на научно-технических конференциях и семинарах.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Проблема низкой стойкости оправок прошивного стана была решена путем нанесения рифления на сферическую поверхность инструмента. Изучена ли физика явления существенного повышения стойкости оправок при прошивке непрерывно-литых заготовок из коррозионно-стойких марок стали? Оформлен ли патент на данное техническое решение?

2. В целях работы заявлено исследование трансформации пластических свойств марки стали 08X18H10T в линии трубопрокатного агрегата. В чем заключается исследование и сделано ли это впервые?

3. Полученные коэффициенты трения при прокатке марки стали 08X18H10T значительно выше, чем для углеродистых марок стали. Сравнение с коэффициентами трения для углеродистых марок стали также проводилось по Зибелю или, к примеру, по Кулону?

4. При исследовании пластичности и прочности марки стали 08X18H10T проводились испытания на растяжение образцов с использованием установки термомеханического моделирования Gleeble 3800. Как при этом для прочности учитывалось разупрочнение?

Соискатель Красиков А.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. В основе – эффект дробности деформации. После первой прошивки в рифлениях от материала оправки растет окалина. Таким образом образуется упрочненный слой, который работает в дальнейшем. Физику данного эффекта еще предстоит понять, для чего будут проведены дополнительные исследования. На данное техническое решение оформлен патент РФ.

2. Исследование пластических свойств и их трансформации в линии трубопрокатного агрегата проводилось в рамках двух технологических операций: прошивки непрерывно-литой заготовки марки стали 08X18H10T в гильзу и дальнейшей ее раскатки в черновую трубу. В результате построены две диаграммы пластичности, и они различны, так как происходит деформация и структура металла меняется. Применительно к агрегатам с непрерывным станом исследование проводилось впервые.

3. Обзор технической литературы показал, что для расчета коэффициента трения при горячей деформации больше подходит закон Зибеля. Сравнение коэффициентов трения при прокатке стали 08X18H10T с углеродистыми марками стали проводилось по Зибелю.

4. Испытания на растяжение для исследований пластичности и прочности марки стали 08X18H10T были различны. Для пластичности образцы сразу доводились до разрушения, а для прочности делались две паузы, которые позволили оценить скорость разупрочнения.

На заседании 05.06.2024 г. диссертационный совет принял решение: за разработанные теоретические основы новой технологии прокатки труб

