

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
им. А.А. Байкова
Российской академии наук
(ИМЕТ РАН)

119334, г. Москва, Ленинский пр-т, д.49
Тел. (499) 135-20-60, факс: (499) 135-86-80
E-mail: imet@imet.ac.ru <http://www.imet.ac.ru>
ОКПО 02698772, ОГРН 1027700298702
ИНН/КПП 7736045483/773601001

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИМЕТ РАН
чл.-корр. РАН

В.С. Комлев

« 14 » * 04 2021 г.

14.04.2021 № 12202-6215-241/15

На № _____

Отзыв ведущей организации

на диссертацию Чикишева Дениса Николаевича
«Создание комплекса научно-технических решений для производства
толстолистового проката из микролегированных трубных сталей
на основе эффективной технологической компенсации»,
представленную на соискание учёной степени доктора технических наук
по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением

1. Актуальность диссертационного исследования

Диссертационное исследование Д.Н. Чикишева посвящено проблеме создания комплекса новых научно обоснованных технических и технологических решений для производства толстолистового проката из микролегированных трубных сталей классов прочности K56-K65, обеспечивающих материал-, металло- и энергосбережение, а также улучшение качественных показателей металлопродукции.

Актуальность исследования обусловлена, во-первых, позицией Российской Федерации как мирового лидера в области обеспечения

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА	
ФГБОУ ВО «ИГТУ им. Г.И. Носова»	
за № _____	_____
Дата регистрации	20.04.2021
Фамилия регистратора	_____

топливно-энергетическими ресурсами большинства европейских и азиатских стран. Только за последние годы построен ряд масштабных нефтегазовых проектов – «Сила Сибири», «Северный поток», «Турецкий поток». Близится к завершению строительство стратегического магистрального газопровода «Северный поток-2». Принято решение о создании новых перспективных проектов в южном и юго-восточном направлении – «Туркменистан-Афганистан-Пакистан-Индия» («ТАПИ»), «Сила Сибири-2». На повестке дня остаётся полномасштабная реконструкция действующих нефтегазовых артерий, а также постепенное снабжение голубым топливом всех, в том числе самых отдалённых, населённых пунктов нашей страны.

Программа развития чёрной металлургии Российской Федерации до 2030 года предусматривает увеличение объёмов производства стального листового проката и полное обеспечение топливно-энергетического комплекса РФ отечественной заготовкой для труб большого диаметра. При этом должны удовлетворяться постоянно усиливающиеся требования к уровню качества металлопродукции, гарантирующие её конкурентоспособность на внешнем и внутреннем рынках. Успешное решение поставленных стратегических задач возможно только на основе создания комплекса ресурсосберегающих технологических решений по получению высококачественного толстолистового проката из микролегированных трубных сталей востребованных классов прочности.

Таким образом, диссертация Д.Н. Чикишева полностью соответствует Стратегии развития чёрной металлургии Российской Федерации до 2030 года. Все результаты, представленные в работе, получены при выполнении научно-исследовательских работ (семь завершённых НИОКР) по заказу ПАО «ММК», на базе которого с участием автора разработаны и освоены новые технологии производства металлопроката для топливно-энергетических проектов страны. Значимость работы подтверждена её успешным выполнением в рамках Государственного задания, федеральных и ведомственных целевых программ.

2. Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Поиск ресурсосберегающих технологических решений по получению высококачественного толстолистого проката из микролегированных трубных сталей в диссертационной работе впервые выполнялся с применением методологии эффективной технологической компенсации. Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1) Разработан новый научный подход совершенствования технологии производства толстолистого проката из микролегированной трубной стали. Данный подход состоит в определении наиболее эффективного компенсационного воздействия на систему через комплекс технологических параметров температурно-деформационной обработки металла на этапах формирования непрерывнолитой заготовки и листа с целью обеспечения требуемых механических свойств продукции. В основе разработанного подхода стоит контроль химического состава и характеристик микролегированной трубной стали на начальных стадиях производства для корректировки последующих режимов обработки металла (нагрева под прокатку, режимов деформации по проходам, режимов термомеханической обработки и ускоренного охлаждения толстолистого проката) с применением комплексного критерия ресурсосбережения.

2) Установлены зависимости механических свойств толстолистого проката, таких как прочность, пластичность, вязкость (ИППГ) от химического состава, в том числе микролегирующих элементов трубных сталей категорий прочности K56-K65 в диапазоне изменения технологических параметров контролируемой горячей прокатки. На основе этих зависимостей сформулированы принципы эффективной технологической компенсации, состоящие в интенсификации температурно-деформационных воздействий в случае снижения (в 2-4 раза) содержания микролегирующих элементов в трубных сталях, повышенного (на 5-10%) уровня осевой химической неоднородности, наличия поверхностных дефектов (трещин) и температурного градиента (15-20°C и более) по толщине непрерывнолитого сляба.

3) Разработан комплекс математических и физических моделей на основе конечно-элементного, нейросетевого и фрагментарного методов. Данный комплекс отличается возможностью определения эффективных компенсационных технологических воздействий при производстве толстолистового проката из микролегированных трубных сталей для случаев термомеханической прокатки непрерывнолитых слябов классов прочности К56-К65 со сниженным содержанием легирующих элементов (ванадия, ниобия, никеля и др.), наличием поверхностных трещин (продольных, поперечных или угловых), неравномерным распределением температуры по толщине заготовки и повышенного уровня осевой химической неоднородности. При этом учитываются допустимые изменения деформационных и температурных воздействий на металл, особенности его перемещения на лицевые поверхности раската, фактор формы очага деформации, уровень критического обжатия и рассогласование скоростей рабочих валков.

4) Предложен новый подход, состоящий в определении рациональных технологических параметров толстолистовой контролируемой прокатки для компенсации целенаправленного снижения содержания легирующих элементов в стали. Новизна данного подхода состоит в научно обоснованном определении необходимого набора компенсационных температурно-деформационных воздействий, например, интенсификации режимов горячей прокатки и ускоренного охлаждения в 1,2-1,5 раза, при производстве листов толщиной до 34,6 мм из экономнолегированных трубных сталей классов прочности К56-К65 со сниженным (до 75%) содержанием марганца, хрома, ниобия, ванадия, меди и никеля.

5) Разработана методика поиска ресурсосберегающих режимов толстолистовой прокатки непрерывнолитых слябов с поверхностными дефектами (трещинами) из микролегированной трубной стали. Новизна данной методики состоит в возможности определения блокирующих воздействий на движение поверхностных трещин за счёт уменьшения коэффициента вытяжки (до 1,12-1,22) при разбивке ширины, снижения параметра формы очага деформации (до 0,75) на черновой и чистовой

стадиях контролируемой прокатки, а также применения компенсирующей схемы поперечной прокатки.

6) Теоретически обоснована схема разработки компенсирующих режимов асимметричного деформирования непрерывнолитых слябов с температурным градиентом (15-20°C и более) по толщине, позволяющая минимизировать ski-эффект на переднем участке толстолистого раската. Новизна этого подхода заключается в обоснованном рассогласовании скоростей рабочих валков (до 15%), которое рассчитывается в зависимости от соотношения степени деформации, величины критического обжатия за проход, положения нейтральной точки, толщины раската и температуры по сечению металла.

7) Сформулированы положения об интенсифицировании деформационного воздействия на центральные слои металла при производстве толстолистого проката из непрерывнолитых слябов с повышенным (на 5-10%) уровнем осевой химической неоднородности. Новизна этих положений состоит в обоснованном определении необходимых компенсирующих режимов дифференцированного мягкого обжатия по ширине кристаллизующейся заготовки и переменной деформации по длине прокатываемого металла.

Указанные подходы, методики и положения являются новыми и, применяемые в совокупности, позволили автору разработать и внедрить новые технологические решения, техническая новизна которых подтверждена патентами РФ:

– способы производства толстолистого проката из экономнолегированных трубных сталей со сниженным до 50% содержанием ванадия, марганца, хрома, ниобия и меди, гарантирующие получение металлопродукции классов прочности K52-K60 с требуемым уровнем механических свойств;

– способ производства толстолистого проката с реализацией принципа металлосбережения путём существенного уменьшения норм обрезки боковых кромок на основе компенсирующих воздействий, блокирующих движение поверхностных трещин непрерывнолитых слябов;

– способ производства толстолистого проката из непрерывнолитых заготовок с неравномерной температурой металла по сечению, минимизирующий подгибку на переднем участке раската путём применения компенсирующих асимметричных режимов деформирования с рассогласованием скоростей рабочих валков;

– способ производства толстолистого проката из непрерывнолитых слябов с повышенным уровнем осевой химической неоднородности, реализующий принцип компенсирующего перераспределения обжатий по ширине кристаллизующегося сляба и дифференцированной степени деформации по длине раската.

Таким образом, новизна исследования и полученных результатов, выводов и практических рекомендаций, сформулированных в диссертации, обоснована и не вызывает никаких сомнений.

3. Значимость полученных результатов для науки и практики

Значимость полученных результатов для науки составляют:

1. Новый научный подход совершенствования технологии производства толстолистого проката из микролегированной трубной стали, который позволяет учитывать химический состав и характеристики микролегированной трубной стали на ранних стадиях производства для оперативной корректировки последующих режимов температурно-деформационной обработки металла с применением комплексного критерия ресурсосбережения;

2. Принципы эффективной технологической компенсации, позволяющие при расчёте режимов производства толстолистого проката из микролегированных трубных сталей обоснованно определять уровень интенсификации температурно-деформационных воздействий на металл для случаев снижения содержания химических элементов в стали, повышенного уровня осевой химической неоднородности, наличия поверхностных трещин и температурного градиента по толщине непрерывнолитого сляба;

3. Модель толстолистной термомеханической прокатки непрерывнолитых слябов из экономнолегированных трубных сталей классов прочности К56-К65, позволяющая производить расчёты напряжённо-

деформированного состояния металла и прогнозируемых значений прочностных, пластических и вязких свойств проката с учётом уменьшения содержания легирующих элементов в стали (ванадия, ниобия, никеля, меди, хрома и др.);

4. Модель толстолистовой прокатки непрерывнолитых слябов, позволяющая исследовать трансформацию всех видов трещин (продольных, поперечных и угловых) в дефекты листа с учётом перемещения металла на лицевые поверхности раската, параметров формы очага деформации и величины температурной асимметрии по сечению заготовки;

5. Модель асимметричной толстолистовой прокатки непрерывнолитых слябов, позволяющая определять характеристики напряжённо-деформированного состояния металла и уровень подгибки переднего участка раската с учётом неравномерности распределения температуры по толщине заготовки, фактора формы очага деформации, уровня критического обжатия за проход и допустимой величины рассогласования скоростей рабочих валков;

6. Модель толстолистовой прокатки непрерывнолитых слябов, позволяющая определять необходимую величину температурно-деформационных воздействий на металл с учётом начального уровня осевой химической неоднородности заготовки и параметров её мягкого обжатия.

Значимость полученных результатов для практики включает:

1. Новый подход для определения рациональных технологических параметров толстолистовой контролируемой прокатки непрерывнолитых слябов из микролегированных трубных сталей классов прочности К56-К65 со сниженным содержанием легирующих элементов, позволяющий производить толстолистовой прокат толщиной до 34,6 мм с высоким комплексом прочностных, пластических и вязких свойств;

2. Методика поиска ресурсосберегающих режимов толстолистовой прокатки непрерывнолитых слябов с поверхностными трещинами, позволяющая сократить норму обрезки боковых кромок листов;

3. Методика определения компенсирующих режимов асимметричного деформирования непрерывнолитого сляба с температурным градиентом по

толщине, позволяющая минимизировать подгибку переднего участка раската;

4. Алгоритм расчёта технологических параметров толстолистовой прокатки непрерывнолитых слябов с повышенным (на 5-10%) уровнем осевой химической неоднородности, позволяющий минимизировать проявление ликвационных полос в листовом прокате;

5. Технология производства толстолистого проката из микролегированной трубной стали классов прочности K56-K65 со сниженным (до 50%) содержанием марганца, хрома и ниобия (патент РФ № 2593803);

6. Технология производства толстолистого проката классов прочности K60-K65 толщиной 15,7-23,9 мм из экономнолегированных трубных сталей со сниженным содержанием ванадия (патент РФ № 2583973);

7. Ресурсосберегающая технология толстолистовой прокатки непрерывнолитых слябов из экономнолегированных трубных сталей классов прочности K52 (X56), K60 (X70) и DNV SAWL 485 для получения листов толщиной 25,8-34,6 мм (патент РФ № 2477323);

8. Технология производства толстолистого проката из непрерывнолитых слябов с поверхностными трещинами, позволяющая снизить нормы обрезки боковых кромок листов (патент РФ № 2490080);

9. Технология производства толстолистого проката из непрерывнолитых заготовок с неравномерной температурой металла по сечению, позволяющая минимизировать подгибку переднего участка раската (патент РФ № 2486974);

10. Сквозная технология производства толстолистого проката из непрерывнолитых слябов с повышенным уровнем осевой химической неоднородности, позволяющая минимизировать проявление ликвационных полос и повысить механические свойства листов на 15%.

Неоспоримое значение полученных результатов диссертационной работы для практики подтверждается их внедрением в условиях промышленного производства ПАО «ММК» (семь НИОКР). Суммарный экономический эффект от внедрения новых технологических решений,

полученных по результатам работы, в условиях действующего промышленного производства составил более 175 млн рублей.

4. Замечания по диссертационному исследованию

1. В работе не представлена схема толстолистового прокатного стана 5000, его технические и технологические характеристики, а также схема основного оборудования, входящего в технологическую систему производства микролегированной трубной стали и толстолистового проката. Это затрудняет восприятие текста диссертационной работы и установление взаимосвязей между её частями.

2. В тексте работы отсутствуют пояснения о способе практической реализации режима толстолистовой прокатки на действующем оборудовании, который представлен на рисунке 6.29 и заключается в обжатии заготовки в поперечном направлении с изменяющимся зазором между валками в процессе деформации.

3. В пункте 3.6 диссертационной работы предлагается выполнить перекомпоновку технологических процессов, в частности, использовать промежуточное ускоренное охлаждение раската с последующим повторным подогревом перед чистой стадией деформирования. При этом не уточняется, какие изменения в составе технологического оборудования должны произойти для успешной реализации этого решения.

4. В диссертационной работе преобладают результаты математического моделирования процесса толстолистовой прокатки металла. Однако не всегда понятно, в каком программном комплексе выполняются расчёты, зачастую не в полном объёме представлены граничные и начальные условия решаемой задачи и принятые допущения, что в ряде случаев затрудняет восприятие аналитической информации.

5. Рисунок 2.19 в тексте диссертации назван автором как алгоритм совершенствования технологической системы «МЛТС-ТЛП». Однако такое название считаем неудачным, поскольку на нём представлен не алгоритм в виде строгой совокупности точно заданных правил решения, а некоторая возможная последовательность действий, которую автор работы применял для решения локальных задач, поставленных в диссертации.

6. На рисунках 3.25-3.28 в тексте диссертации представлено фактическое влияние толщины и температуры нагрева слябов, температуры конца ускоренного охлаждения и скорости охлаждения на предел текучести и временное сопротивление разрыву образцов проката. Однако ни на указанных рисунках, ни в тексте не представлены основные параметры достоверности аппроксимации фактических значений прочностных характеристик, что может вызвать сомнение в качестве проведённого промышленного эксперимента.

7. Термин «Вероятность образования и развития трещины в процессе деформации» (рис. 4.25, 4.29, 4.33, 4.37) выбран не совсем корректно, поскольку под вероятностью нужно понимать количественную степень наступления события, а в контексте работы представлены численные значения и поля распределения критерия разрушения Кокрофта, которые лишь позволяют говорить о качественном уровне того, будет происходить развитие дефекта или нет.

Указанные замечания и недостатки работы не отрицают принципиальных положений диссертационного исследования и не снижают её значимости для науки и практики.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов

Результаты, полученные Чикишевым Д.Н. в диссертационном исследовании, могут быть использованы для анализа и создания технологий производства толстолистового проката в ПАО «Северсталь», АО «ВМЗ», ЕВРАЗ НТМК, АО «Уральская Сталь», ПАО «АМЗ» и других металлургических предприятиях. Алгоритмы и модели расчётов режимов прокатки рекомендуется использовать в практике работы государственных институтов проектирования металлургических заводов, в также в учебном процессе ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана» (г. Москва), НИТУ «МИСиС» (г. Москва), ФГАОУ ВО «СПбПУ Петра Великого» (г. Санкт-Петербург), ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» (г. Москва), ФГАОУ ВО «СФУ» (г. Красноярск), ФГБОУ ВО «ЛГТУ» (г. Липецк), ФГБОУ ВО «ЧГУ» (г. Череповец), ФГАОУ ВО «УрФУ им.

первого президента РФ Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург), ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» (г. Челябинск) и других образовательных учреждений.

6. Заключение

Диссертация Чикишева Дениса Николаевича на соискание учёной степени доктора технических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит существенный вклад в развитие экономики страны (п. 9 Положения о присуждении учёных степеней).

В диссертации, подготовленной в виде рукописи, разработан комплекс ресурсосберегающих технологических решений по получению высококачественного толстолистового проката из микролегированных трубных сталей классов прочности K56-K65 на основе разработки и применения методологии эффективной технологической компенсации. Работа выполнена автором самостоятельно, обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, а также сведения о практическом использовании научных результатов, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку (п. 10 Положения).

Основные результаты диссертации полностью изложены в 46 научных трудах, из которых 3 монографии, 17 статей в журналах из перечня, рекомендованного ВАК РФ, и 3 – в изданиях, индексируемых в международных наукометрических системах Web of Science и Scopus. По результатам работы получено 5 патентов РФ на изобретение. Таким образом, требования к публикации результатов диссертации полностью выполнены (п. 11 Положения).


Автор диссертации корректно ссылается на первоисточники заимствованных материалов и отдельных результатов, использованных в работе (п. 14 Положения). Текст диссертации идентичен размещённому в сети «Интернет» (п. 20 Положения). Автореферат полностью соответствует диссертационному исследованию, в нём изложены все необходимые элементы

работы. Все требования к форме и объёму автореферата выполнены (пп. 25, 26 Положения).

На основе вышеизложенного считаем, что диссертация «Создание комплекса научно-технических решений для производства толстолистового проката из микролегированных трубных сталей на основе эффективной технологической компенсации» на соискание учёной степени доктора технических наук в полной мере соответствует Паспорту научной специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением и требованиям действующего «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор Чикишев Денис Николаевич заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук.

Диссертационная работа Чикишева Д.Н. и отзыв на неё рассмотрены и обсуждены на коллоквиуме лаборатории пластической деформации металлических материалов, протокол № 2 от « 07» апреля 2021 г.

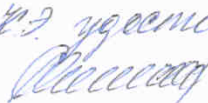
Председатель коллоквиума
лаборатории пластической деформации
металлических материалов, д.т.н.


Юсупов В.С.

Секретарь коллоквиума, к.т.н.


Акопян К.Э.

Докторская диссертация защищена Юсуповым В.С. по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением

*Подписан Юсупов В.С. и объявлен № 2 удостоверено:
Заместитель секретаря ИМЕТ РАН*  / *Юсупов В.С.*

Сведения о ведущей организации

Полное наименование организации в соответствии с Уставом	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук
Сокращённое наименование организации	ИМЕТ РАН
Ведомственная принадлежность	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Почтовый индекс, адрес организации	119334, г. Москва, Ленинский пр-т., 49
Телефон	+7 (499) 135-2060
Адрес электронной почты	imet@imet.ac.ru
Сайт организации	http://www.imet.ac.ru/