

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15 февраля 2024 года № 134

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова Российской академии наук о присуждении Болобановой Наталии Леонидовне, гражданке РФ, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Совершенствование технологии производства стального листового проката на основе повышения эффективности его формообразования», в виде рукописи, по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением принята к защите 03 октября 2023 г, протокол № 133, диссертационным советом 24.1.078.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), 119334, г. Москва, Ленинский проспект, 49, приказ Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель БОЛОБАНОВА Наталия Леонидовна родилась в 1972 году.

В 1995 году окончила Череповецкий государственный индустриальный институт с присвоением квалификации инженер-механик по специальности «Металлургические машины и оборудование».

22.04.2015 г. на заседании диссертационного совета Д.002.060.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова Российской академии наук Болобановой Н. Л. была защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Развитие методов моделирования профилировок и упругих деформаций валков листовых станов с целью совершенствования технологии прокатки широких полос», по научной специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

В ИМЕТ РАН в лаборатории «Пластической деформации металлических материалов» Болобанова Н. Л. подготовила докторскую диссертацию на тему «Совершенствование технологии производства стального листового проката на

основе повышения эффективности его формообразования», в виде рукописи, по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением.

В период подготовки диссертации Болобанова Н.Л. обучалась в докторантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук.

В настоящее время Болобанова Н.Л. работает доцентом кафедры металлургии, машиностроения и технологического оборудования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Череповецкий государственный университет».

Научный консультант ЮСУПОВ Владимир Сабитович, доктор технических наук, заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова Российской академии наук, заведующий лабораторией пластической деформации металлических материалов ИМЕТ РАН.

Официальные оппоненты:

ШАТАЛОВ Роман Львович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет»;

ФИЛАТОВ Александр Андреевич, доктор технических наук, директор ООО «Строительные и металлургические машины»;

БЕЛЬСКИЙ Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Обработка металлов давлением» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Липецкий государственный технический университет»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» в своем положительном отзыве, составленном заведующим кафедрой «Оборудование и технологии прокатки» доктором технических наук, профессором

по специальности 05.03.05 – Технологии и машины обработки давлением А. Г. Колесниковым и утвержденном проректором по науке и цифровому развитию МГТУ им. Н. Э. Баумана доктором экономических наук, профессором П. А. Дрогвозом, указала, что диссертационная работа по актуальности темы, научной новизне, практической значимости, объему выполненных исследований, полноте освещенности результатов в технической литературе отвечает критериям, предъявляемым к докторским диссертациям «Положения о присуждении ученых степеней».

Соискатель имеет 117 опубликованных научных работ, из них по теме диссертации – 39 научных работ, в том числе 16 статей в изданиях, входящих в перечень ведущих российских рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 3 статьи в журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science, изданы 2 монографии и 1 учебное пособие, получено 2 патента на изобретения Российской Федерации, 1 свидетельство на регистрацию программы для ЭВМ. Общий объем работ по теме диссертации составляет 34,6 печатных листов (авторский вклад 80 %). Содержание диссертации достаточно полно отражено в опубликованных работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации и личный вклад автора:

1. Болобанова Н.Л., Гарбер Э.А. Исследование и моделирование процесса деформации сляба в черновой группе стана 2000 // *Металлург*. – 2021. – № 5. – С. 71–75.

Bolobanova N.L., Garber E.A. Study and Modeling of Slab Deformation Processes in the Roughing Stands of Severstal's Mill-2000 Hot-Rolling Line // *Metallurgist*. – 2021. – Vol. 65. No. 5-6. – P. 564–570 (перевод).

2. Болобанова Н.Л., Гарбер Э.А., Ермушин Д.Ю. Исследование напряженного состояния опорных валков широкополосного стана горячей прокатки методом моделирования // *Сталь*. – 2021. – № 12. – С.15–18.

Bolobanova N.L., Garber E.A., Ermushin D.Yu. Stress Analysis of Backup Rolls in a Wide-Strip Hot Mill Using a Modeling Method // *Steel in Translation*. – 2021. – № 12(51). – P. 899–902 (перевод).

3. Болобанова Н.Л., Котов К.А., Юсупов В.С. Исследование и прогнозирование пластификации горячекатаной стальной полосы при правке в условиях знакопеременного деформирования // *Металлург.* – 2022. – № 10. – С. 93–98.

Bolobanova N.L., Kotov K.A., Yusupov V.S. Study and prediction of plasticization of hot-rolled steel strip during straightening under conditions of alternating deformation // *Metallurgist.* – Vol. 66. – No. 9–10. – P. 1290–1298 (перевод).

4. Болобанова Н.Л., Гарбер Э.А. Численное моделирование процесса деформации сляба с разной величиной обжатия в вертикальных валках черновой группы стана 2000 // *Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации.* – 2021. – № 6. – С. 675–681.

5. Болобанова Н.Л., Гарбер Э.А., Юсупов В.С. Развитие методов профилирования валков листопрокатного производства // *Сталь.* – 2022. – № 11. – С. 18–23.

Bolobanova N.L., Garber E.A., Yusupov V.S. Development of roll profiling methods of sheet rolling production // *Steel in Translation.* – 2022. – № 52 (11). – P. 1073–1078 (перевод).

6. Болобанова Н.Л., Антонов П.В., Котов К.А., Юсупов В.С. Моделирование и исследование формообразования стального листового проката и совершенствование процессов его производства: монография. – Череповец: ЧГУ, 2023. – 264 с.

7. Ермушин Д.Ю., Болобанова Н.Л. Исследование поверхностного деформационного упрочнения бочки опорных валков чистой группы широкополосного стана горячей прокатки // *Черные металлы.* – 2023. – № 2. – С. 27–32.

8. Болобанова Н.Л., Котов К.А., Нуштаев Д.В. Исследование коэффициента пластификации при правке горячекатаных стальных полос на роликовых правильных машинах // *Сталь.* – 2020. – № 3. – С. 32–36.

9. Котов К.А., Болобанова Н.Л., Нуштаев Д.В. Моделирование напряжений при правке горячекатаных полос в условиях циклической знакопеременной деформации // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия.* – 2020. – Том 63. № 10. – С. 808–814.

Kotov K.A., Bolobanova N.L., Nushtaev D.V. Modeling the Stress State of a Steel Strip with a Roller Leveling Machine under Cyclic Alternating Deformations // Steel in Translation. – 2020. – № 11 (50). – P. 750–755 (перевод).

10. Котов К.А., Болобанова Н.Л., Нуштаев Д.В. Разработка режимов правки горячекатаных полос в целях получения проката для высокотехнологичной обработки // Черные металлы. – 2021. – № 2. – С. 16–21.

11. Антонов П.В., Болобанова Н.Л., Гарбер Э.А. Совершенствование профилировок валков стана холодной прокатки для повышения точности формирования поперечного профиля прокатываемых полос // Производство проката. – 2019. – № 6. – С. 7–13.

12. Антонов П.В., Болобанова Н.Л., Гарбер Э.А. Усовершенствование метода моделирования профилировок валков стана холодной прокатки для повышения точности формирования поперечного профиля прокатываемых полос // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации.– 2019. – № 6. – С. 718–724.

13. Антонов П.В., Болобанова Н.Л., Кожевникова И.А. Моделирование напряжений и деформаций валковой системы широкополосного стана холодной прокатки на основе метода конечных элементов // Сталь. – 2019. – № 5. – С. 28–32.

Antonov P.V., Bolobanova N.L., Kozhevnikova I.A. Roller Stress and Strain in a Broad-Strip Cold-Rolling Mill // Steel in Translation. – 2019. № 5 (49). – P. 339–344 (перевод).

14. Гарбер Э.А., Болобанова Н.Л., Антонов П.В. Новые методы воздействия на поперечный профиль и качество поверхности стальных холоднокатаных полос: монография. – Череповец: Череповецкий гос. ун-т, 2021. – 81 с.

15. Kozhevnikova I.A., Bolobanova N.L., Antonov P.V., Zhilenko S.V., Kozhevnikov A.V. Development and Industrial Testing of Advanced Rolling Conditions at 4-Stand Mill 2100 of PAO Severstal // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 718, 2020. 012008.

Личный вклад автора в перечисленных публикациях состоял в постановке целей и задач исследований, выборе методов решения технических и

технологических проблем, проведении экспериментальных исследований, анализе и обобщении результатов.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

доктора технических наук (специальность 05.16.05 – Обработка металлов давлением), доцента, профессора кафедры механизации природообустройства и ремонта машин Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный технический университет» Бровман Татьяны Васильевны; доктора технических наук (специальность 05.16.05 – Обработка металлов давлением), профессора, генерального директора АО НПО «БелМаг» Гуна Игоря Геннадьевича; доктора технических наук (специальность 05.16.05 – Обработка металлов давлением), профессора, профессора кафедры Машиностроения Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» Довженко Николая Николаевича; доктора технических наук (специальность 2.6.4 – Обработка металлов давлением), начальника Центральной лаборатории автоматизации и механизации АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» Сметанина Сергея Васильевича; доктора технических наук (специальность 05.16.05 – Обработка металлов давлением), доцента, профессора кафедры технологий обработки материалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» Чикишева Дениса Николаевича; доктора технических наук (специальность 05.16.05 – Обработка металлов давлением), доцента, заведующего кафедрой обработки металлов давлением Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» Шварца Данила Леонидовича; кандидата технических наук (специальность 05.16.05 – Обработка металлов давлением), ведущего инженера группы проката с защитными покрытиями ОТПП УСОТиР ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат» Полякова Алексея Викторовича; доктора технических наук (специальность 05.02.09 – Технологии и машины обработки давлением),

доцента, профессора кафедры «Механика и процессы пластического формоизменения» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» Черняева Алексея Владимировича; доктора технических наук (специальность 05.16.05 – Обработка металлов давлением), профессора, профессора кафедры обработки металлов давлением Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» Галкина Сергея Павловича; доктора технических наук (специальность 05.16.05 – Обработка металлов давлением), профессора, профессора кафедры технологий обработки материалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» Румянцева Михаила Игоревича; доктора технических наук (специальность 05.16.05 – Обработка металлов давлением), главного специалиста группы по развитию научно-технического центра ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» Денисова Сергея Владимировича.

Все отзывы положительные. В отзывах содержатся критические замечания, например:

– к замечаниям следует отнести необходимость проведения исследований процессов формообразования горячекатаных стальных полос для компенсации их клиновидности и серповидности;

– в автореферате не приведена информация о практическом применении скосов на слябах;

– из автореферата не ясно, какие допущения были приняты автором при решении задач формообразования листового проката;

– на стр. 12 автореферата указано, что выполнено решение МКЭ связанных задач формообразования поперечного профиля листового проката и профилирования валков листопрокатного производства. Но при этом из автореферата следует что пластическая часть задачи решалась в DEFORM-3D, а упругие деформации валков в SIMULIA Abaqus. Неясно, какие параметры и как обеспечивали связность задач;

– требуется пояснить, каким образом изготавливаются скосы на слябе и проводилось ли опробование в реальном производстве этого способа, обеспечивающего снижение перехода металла с узкой грани на широкую;

– на стр. 10 указано, что при проведении промышленного эксперимента производилась фиксация технологических параметров процесса. Какие параметры фиксировались и каким образом?

– на стр. 17 в таблице 1 представлены средние значения параметров интенсивности работы опорных валков по клетям. Указано что «Наибольшее приращение твердости характерно для клетки №11...». Чем объясняется этот факт? При рассмотрении данных таблицы 1 максимальная погонная нагрузка в контакте соответствует клетки № 7, а максимальное число циклов контакта с рабочим валком и максимальная длина прокатанных полос соответствует клетки № 12;

– не объяснено, чем обоснована скорость правки, равная 1 м/с, и каково ее влияние на исследуемые показатели процесса;

– в работе сказано, что для уменьшения затекания металла необходимо снижать деформацию в первых проходах. Не противоречит ли это частному требованию по интенсификации деформационного воздействия на начальном этапе обработки с точки зрения формирования требуемой микроструктуры и свойств в готовом прокате?

– не ясно, решалась температурная задача при исследовании формообразования при непрерывной горячей прокатке сляба в вертикальных и горизонтальных валках;

– при описании рекомендуемого способа профилирования опорных валков (рис. 9) отсутствует обоснование выбора параболической кривой для краевых участков бочки;

– отсутствует обоснование исходных данных и принятых допущений;

– при моделировании прохождения раската через калибр вертикальных валков не рассмотрен случай работы клетки в режиме реверса;

– при профилировании валков листопрокатного производства (глава 3) автором предлагается учитывать напряженно-деформированное состояние (НДС) валков, оцениваемое при компьютерном моделировании. В автореферате результаты

исследования НДС не представлены, не указано, как параметры НДС влияют на принимаемые решения;

– предложенная автором методика профилирования валков листопрокатного производства подразумевает сравнение реализуемого в процессе прокатки уровня напряжений с допустимыми. Из автореферата не ясно, какой предлагается использовать критерий допустимых напряжений;

– в выводе 4 указано, что «представлено развитие теории упругопластического изгиба...», но в автореферате эти сведения не приведены, не ясно, в чем заключается развитие теории;

– не даны рекомендации о возможности применения положений научной новизны и разработанных решений для совершенствования технологий прокатки на толстолистовых станах и правки толстых листов;

– не поясняется, какой формы должно быть очертание поверхности равносторонних скосов на боковых ребрах сляба;

– на с. 13, в последнем абзаце, указано: «... предложенный метод формообразования поперечного профиля может использоваться...». Здесь правильнее было бы говорить не о формообразовании профиля, а о разработанной автором методике моделирования данного процесса;

– не поясняется, какой вид имело распределение нормального давления по длине площадки контакта валков в 2D-модели бочки опорного вала;

– было бы желательно уточнить, по какому интервалу должна усредняться погонная нагрузка в межвалковом контакте i -ой клетки при расчетах по формуле (3) и в какой мере указанная формула применима к валкам из стали различных марок;

– не представлены оценки влияния на результат правки роликовой правильной машиной исходной неплоскостности полос и скоростных параметров процесса;

– отсутствует описание численного моделирования процессов формообразования в применяемом программном обеспечении.

На все критические замечания даны подробные и исчерпывающие ответы (см. стенограмму).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетенцией, наличием публикаций и достижений в области обработки металлов

давлением и способностью определить научную и практическую ценность представленной в диссертационный совет диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана новая методика эффективного профилирования валков листопрокатного производства, основанная на методе формообразования поперечного профиля листового проката с применением пространственной конечно-элементной модели валков с непрерывным описанием профиля бочки и обеспечивающая достижение высоких геометрических показателей качества листового проката и повышение стойкости валков;

- получены качественно новые закономерности формообразования при непрерывной горячей прокатке сляба в вертикальных и горизонтальных валках, раскрывающие принципы перехода металла с узкой грани раската в направлении середины ширины;

- предложен новый подход к определению параметров состояния рабочего слоя листопрокатных валков и величины съема при перешлифовке, учитывающий разную интенсивность работы валков по клетям непрерывного стана и обеспечивающий увеличение стойкости валков, снижение их расхода и повышение эффективности технологического процесса непрерывной прокатки;

- разработана новая методика поиска режимов правки горячекатаных широких полос в условиях циклической знакопеременной деформации на многороликовых правильных машинах для получения листового проката, пригодного для лазерной или плазменной резки.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что

- изложены и доказаны положения, вносящие вклад в расширение представлений о формообразовании широких стальных полос и листов при прокатке и многороликовой правке в условиях знакопеременного деформирования;

- изучены теоретические аспекты процесса формообразования при прокатке в вертикальных и горизонтальных валках во взаимосвязи с анализом и оценкой величины смещения поверхностных дефектов от кромок раската в направлении середины ширины и снижения расхода металла;

– изложены теоретические положения процесса формообразования стальной широкой полосы при непрерывной прокатке во взаимосвязи с анализом и оценкой параметров состояния основного деформирующего инструмента – листопрокатных валков.

– применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых научных методов исследования, применяемых в области обработки металлов давлением, включая метод конечных элементов и статистические методы анализа, лабораторные и промышленные эксперименты;

– раскрыт механизм взаимосвязи технологических режимов правки широких стальных полос в условиях циклической знакопеременной деформации и отклонений металла при последующей плазменной или лазерной резке.

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

– разработаны профилировки валков непрерывных широкополосных станов горячей и холодной прокатки, обеспечивающие эффективное воздействие на поперечный профиль полосы и повышение стойкости валков;

– предложены технологические решения по усовершенствованию технологии горячей прокатки на непрерывном широкополосном стане, направленные на ограничение смещения поверхностных дефектов от кромок раската в направлении середины ширины и минимизацию величины обрезки кромок полос;

– предложены технические решения, защищенные патентами РФ, обеспечивающие повышение эксплуатационной стойкости опорных валков при производстве широких стальных полос и листов и увеличение наработки рабочего слоя опорных валков без роста степени наклепа и износа бочки с обеспечением снижения их расхода;

– разработан комплекс методик и алгоритмов, реализованный в программном инструменте в формате онлайн-приложения для оперативной обработки информации об эксплуатации опорных валков чистовой группы за выбранный период для участка подготовки валков производства плоского проката;

– разработаны технологические режимы правки на различных роликовых правильных машинах, обеспечивающие получение проката, пригодного для

лазерной или плазменной резки.

Результаты диссертационной работы апробированы и внедрены на Череповецком металлургическом комбинате ПАО «Северсталь». Комплексная промышленная реализация разработанных технических и технологических решений по повышению эффективности формообразования при производстве стального листового проката обеспечивает суммарный экономический эффект более 26 млн руб. в год.

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе и при проведении научно-исследовательской работы студентов по направлению подготовки «Металлургия» в Федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Череповецкий государственный университет».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ результаты получены на действующих прокатных станах, роликовых правильных машинах, на промышленных установках лазерной и плазменной резки, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях и достаточно высокая сходимость результатов исследования и натурных экспериментов;

- теория формообразования листового проката построена на применении основополагающих принципов теории обработки металлов давлением, механики сплошных сред и согласуется с опубликованными данными по исследованиям формообразования листового проката при прокатке в вертикальных и горизонтальных валках, исследованиям в области расчета валковых систем и повышения эффективности воздействий на форму и размеры листового проката, исследованиям упругопластического изгиба листового проката при правке на многороликовой машине в условиях знакопеременного деформирования;

- идея базируется на основании комплексного развития теоретических положений по формообразованию листового проката на всех этапах производства, на анализе практики и обобщении передового опыта получения стального листового проката с высокой точностью по геометрическим показателям;

- установлено качественное и количественное совпадение теоретических авторских результатов с экспериментальными исследованиями, проведенными на

Череповецком металлургическом комбинате ПАО «Северсталь» и с результатами, представленными в независимых источниках;

– использованы современные методы анализа и обработки данных вычислительных экспериментов и технологических параметров процесса прокатки и правки, полученных с помощью контрольно-измерительных промышленных систем.

Личный вклад соискателя выражается в постановке задач исследований; проведении промышленных экспериментальных исследований; анализе и обобщении результатов работы и обосновании положений, выносимых на защиту; апробировании и внедрении в производство предложенных новых технических и технологических решений, повышающих эффективность воздействий на форму, размеры проката и стойкость валков; подготовке публикаций по результатам работы.

Тема диссертации, а также ее проблематика и содержание, соответствуют паспорту специальности 2.6.4 «Обработка металлов давлением» (области исследований п. 1, п. 2, п. 4, п. 6 и п. 7).

Диссертация Болобановой Наталии Леонидовны является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований проблем формообразования стального листового проката на этапах от прокатки сляба до правки широких стальных полос изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения по совершенствованию процессов листопрокатного производства на основе повышения эффективности воздействий на форму, размеры проката и стойкость валков, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

На заседании 15 февраля 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Болобановой Наталии Леонидовне ученую степень доктора технических наук.

При проведении голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 17, против присуждения учёной степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета 24.1.078.02,
доктор технических наук

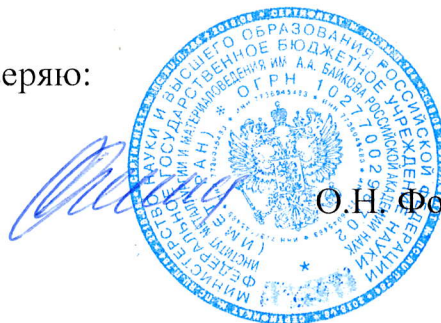
И.Е. Калашников

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.1.078.02,
кандидат технических наук

В.А. Андреев

15 февраля 2024 года

Подпись И.Е. Калашникова и В.А. Андреева заверяю:
Ученый секретарь ИМЕТ РАН,
кандидат технических наук



О.Н. Фомина