

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента Шаталова Романа Львовича

на диссертационную работу Болобановой Наталии Леонидовны

«Совершенствование технологии производства стального листового проката на основе повышения эффективности его формообразования», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.4. – Обработка металлов давлением (технические науки)

### **Актуальность темы диссертации**

Развитие машиностроения и других отраслей промышленности Российской Федерации предъявляет новые требования к стальному листовому прокату, как в части точности геометрических показателей, определяющих реализуемость всех остальных свойств, так и пригодности для последующей высокотехнологичной обработки. В этих условиях листопрокатное производство на постоянной основе стремится обеспечивать конкурентное качество металлопроката путем совершенствования процессов его производства. Это требует новых научно-технических решений, направленных на повышение эффективности воздействий на форму и размеры листового проката, на снижение расходного коэффициента металла и прокатных валков с обеспечением бесперебойной работы оборудования и одновременным увеличением объемов производства.

В связи с этим диссертационная работа Болобановой Н.Л., направленная на совершенствование технологии производства стального листового проката на основе развития теоретических положений по его формообразованию на этапах от прокатки слябов до правки широких полос, несомненно, является актуальной. В работе обосновано, что наиболее актуальным является повышение эффективности процессов производства стального плоского металлопроката путем улучшения его геометрических показателей, повышения стойкости прокатных валков и экономии материальных ресурсов за счет расширения воздействий на технологические режимы производства, изменения профилировок валков и способов их эксплуатации.

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендации, сформулированных в диссертации**

Обоснованность и достоверность основных положений, выводов и рекомендаций

диссертационной работы подтверждена комплексом исследований и экспериментов на действующих широкополосных станах горячей и холодной прокатки, толстолистовом стане и различных роликовых правильных машинах. При получении результатов были использованы современные методы исследования: компьютерное моделирование технологических процессов, лабораторные исследования, промышленные эксперименты, методы статистической обработки данных измерений и расчетов.

Сформулированные в работе научные положения отвечают современным представлениям о процессах, описывающих формообразование стального листового проката, соответствуют положениям о взаимосвязи и взаимообусловленности факторов формообразования, согласуются с известными работами по рассматриваемой проблеме.

### **Научная новизна**

Научная значимость диссертационной работы Болобановой Н.Л. заключается в следующих основных положениях:

1. Получены новые закономерности формообразования при горячей прокатке сляба в вертикальных и горизонтальных валках широкополосного стана и принципы снижения расхода металла за счет уменьшения величины смещения поверхностных дефектов от кромок раската в направлении середины ширины.

2. Разработана новая методика эффективного профилирования валков листопркатного производства, отличающаяся от известных применением пространственной конечно-элементной модели валковой системы и непрерывным описанием профиля бочки. Применение которой позволяет обеспечивать значение поперечной разнотолщинности широких полос не более 2 % от номинальной толщины без снижения стойкости валков.

3. Разработан новый научный подход к анализу и оценке параметров состояния опорных валков непрерывного стана, учитывающий разную интенсивность работы деформирующего инструмента по клетям стана и позволяющий решать вопросы увеличения объема прокатных кампаний опорных валков и снижать их расход с обеспечением стойкости.

4. Раскрыт механизм взаимосвязи технологических режимов холодной правки горячекатаных полос в условиях циклической знакопеременной деформации и отклонений листового металла при последующей плазменной или лазерной резке.

## Практическая значимость

Значимыми практическими результатами работы являются:

1. Практические рекомендации по усовершенствованию технологии прокатки на непрерывном широкополосном стане 2000, направленные на ограничение смещения поверхностных дефектов от кромок раската в направлении середины ширины и минимизацию величины удаления металла, обрезаемых кромок полос.

2. Новые профилировки валков непрерывных широкополосных станов горячей и холодной прокатки Чер.М.К., обеспечивающие эффективное воздействие на поперечный профиль полосы и повышение стойкости валков.

3. Новые способы, направленные на повышение эксплуатационной стойкости опорных валков при производстве широких стальных полос и листов, на увеличение наработки рабочего слоя опорных валков без роста степени наклепа и износа бочки с обеспечением снижения расхода валков.

4. Технологические режимы правки на роликовых правильных машинах, обеспечивающие получение проката, пригодного для лазерной или плазменной резки.

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».

## Структура, объем и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложения. Объем диссертации составляет 299 страниц машинописного текста, в том числе 128 рисунка и 34 таблицы. Список литературы включает 286 источников.

**В первой главе** Обоснована актуальность решения научно-технических проблем направленных на развитие теоретических аспектов формообразования листового проката для совершенствования, разработки и применения востребованных в области производства широких стальных полос и листов технологий, обеспечивающих повышение точности геометрических размеров проката и стойкости валков. Обоснована необходимость развития теоретических положений и разработки эффективных прикладных решений по формообразованию стального листового проката, на этапах от прокатки слэбов до правки проката на роликовых правильных машинах, сформулированы задачи исследования.

**Во второй главе** описана реализация модели процесса прокатки сляба в вертикальных и горизонтальных валках черновой группы непрерывного широкополосного стана горячей прокатки, показана сходимость результатов моделирования с данными измерений формоизменения раската при черновой прокатке. С применением модели получены новые закономерности при прокатке сляба в вертикальных и горизонтальных валках черновой группы.

**В третьей главе** предложено развитие метода формообразования поперечного профиля листового проката в концепции геометрического суммирования кривых упругих деформаций, износа и теплового расширения валков за счет применения пространственной конечно-элементной модели валковых систем с непрерывным описанием профиля бочки. Обосновано соответствие результатов моделирования с данными измерений поперечного профиля при толстолистовой и непрерывной прокатке. Разработана новая методика профилирования валков листопрокатного производства, обеспечивающая достижение требуемых геометрических показателей качества листового проката и повышение стойкости валков и показана ее практическая реализация.

**В четвертой главе** разработан новый методологический подход к оценке параметров состояния поверхностного слоя опорных валков, определяющих работоспособность рабочих в процессах формообразования полос при прокатке на непрерывных прокатных станах. Алгоритм включает четыре взаимосвязанные части по определению: 1) параметров технологии, позволяющих оценить особенности работы валка в соответствующей клетке непрерывного стана; 2) деформационного упрочнения бочки после прокатной кампании в зависимости от клетки стана; 3) износа бочки; 4) величины съема при шлифовке с учетом интенсивности работы опорного валка в клетке стана. Представлены положительные результаты реализации такого подхода для непрерывного широкополосного стана горячей прокатки 2000 ПАО «Северсталь».

**В пятой главе** на основании комплексного исследования процесса формоизменения горячекатаных широких стальных полос при правке в условиях циклической знакопеременной деформации раскрыт и описан механизм взаимосвязи технологических режимов роликовой правки и отклонений листового металла при последующей плазменной или лазерной резке.

**В шестой главе** представлены результаты применения теоретических разработок в листопрокатном производстве Череповецкого металлургического комбината, являющегося одним из ведущих металлургических предприятий Российской Федерации.

## Замечания и вопрос по работе

1. В работе не раскрыто влияние температурного градиента сляба на течение металла в ребровой зоне при прокатке в вертикальных и горизонтальных валках.

2. При профилировании бочек валков основной критерий связывается с обеспечением точности поперечной разнотолщинности стальных полос. Однако профилирование и настройка валковых систем влияет на формирование и плоскостности полос, что не исследовано.

3. Не исследовано влияние и изменение контактного трения и натяжения на формообразование стальных полос при прокатке и правке.

4. Не достаточно исследованы особенности формирования поперечного профиля (поперечной разнотолщинности) полосы в квазистационарные и нестационарные периоды деформирования по длине проката.

5. В главе 3 представлена регрессионная модель износа рабочих валков толстолиствого стана 5000 в зависимости только от часового пробега валков. Однако на износ валков влияют и другие переменные: силовые показатели прокатки, длина и механические свойства листов, которые в модели износа валков не учитываются.

6. Экспериментально установленные закономерности деформационного упрочнения (приращений твердости) поверхности опорных валков по клетям чистовой группы НШСГП 2000 Чер.М.К., требуют более подробного физического описания и обоснования этого механизма. Кроме того, не достаточно исследованы причины неравномерного распределения твердости (Рис.4. 14) и износа (Рис.4. 15) по длине валков и их влияние на стойкость валков и формообразование полос.

7. При моделировании процесса правки в роликовой правильной машине не учитывается исходное напряженное состояние полосы, сформированное после горячей прокатки и смотки.

8. Насколько применим разработанный подход к анализу и оценке состояния опорных валков непрерывного стана горячей прокатки 2000 ПАО «Северсталь» для повышения эффективности эксплуатации опорных валков широкополосных прокатных станов, работающих на других металлургических комбинатах и заводах?

Указанные замечания носят частный характер, не снижают достаточно высокую научную и практическую значимость работы.

## Оценка диссертационной работы в целом

Диссертация Болобановой Н.Л. «Совершенствование технологии производства стального листового проката на основе повышения эффективности его формообразования» является самостоятельной завершенной научно-исследовательской работой, обладающей внутренним единством. Совокупность полученных в диссертации результатов представляет собой решение проблемы повышения эффективности процессов формообразования стального листового проката в направлении улучшения качественных показателей широкой стальной листовой продукции, стойкости деформирующего рабочего инструмента и экономии материальных ресурсов. Достоинством работы является внедрение ее результатов в действующее прокатное производство ПАО «Северсталь».

Актуальность работы, научная новизна и достоверность полученных результатов не вызывают сомнений.

По материалам диссертации опубликовано 39 печатных работ, в том числе 16 статей опубликовано в журналах, рекомендованных ВАК, 3 – в изданиях, входящих в наукометрические базы: Web of Science и Scopus, 14 публикаций в сборниках трудов международных конференций. Н.Л. Болобановой получено 2 патента на изобретения Российской Федерации и 1 свидетельство на регистрацию программ для ЭВМ, выпущено 2 монографии и 1 учебное пособие.

Автореферат диссертации и публикации достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

## Заключение

На основании выше изложенного считаю, что диссертация Болобановой Наталии Леонидовны «Совершенствование технологии производства стального листового проката на основе повышения эффективности его формообразования», является законченной научно-квалификационной работой, в которой обоснованы технические и технологические решения по совершенствованию процессов листопрокатного производства на основе повышения эффективности воздействий на форму, размеры проката и стойкость валков, внедрение которых вносит существенный вклад в развитие листопрокатного производства металлургической отрасли Российской Федерации.

Выносимые на защиту результаты соответствуют п.1. «Исследование и расчет деформационных, скоростных, силовых, температурных и других параметров разнообразных процессов обработки давлением металлов, сплавов и композитов»; п. 2.

«Исследование способов, процессов и технологий обработки давлением металлов, сплавов и композитов с помощью методов физического и математического моделирования»; п.б. «Разработка способов, процессов и технологий обработки металлов давлением, обеспечивающих экологическую безопасность, экономию материальных и энергетических ресурсов, повышающих качество и расширяющих сортамент изделий»; п. 7. «Исследование контактного взаимодействия пластически деформируемого материала и упруго деформируемого рабочего инструмента с целью повышения его долговечности и надежности эксплуатации» паспорта научной специальности (05.16.05) 2.6.4. - Обработка металлов давлением (технические науки).

Диссертационная работа «Совершенствование технологии производства стального листового проката на основе повышения эффективности его формообразования» по своему объему, научной и практической значимости полученных результатов, полностью соответствует требованиям п.п. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (с изменениями), а ее автор – Болобанова Наталия Леонидовна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением (технические науки).

*Согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Болобановой Н.Л.*

Профессор, доктор технических наук (05.16.05 – Обработка металлов давлением),  
профессор кафедры обработки материалов  
давлением и аддитивных технологий  
Федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Московский политехнический университет»



Шаталов Роман Львович

05.12.2023 г.

**Контактные данные:**

почтовый адрес: 107023, Россия, г. Москва, ул. Большая Семеновская, д. 38

телефон: +7(916)132-13-85; 8-905-5356837

e-mail: mmomd@mail.ru; r.l.shatalov@mospolytech.ru

ПОДПИСЬ Шаталова Р.Л. заверяю

ДЕЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬ  
ПОГОРЕЛОВА А.В.

