



**МОСКОВСКИЙ
ПОЛИТЕХ**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский политехнический университет»
(Московский Политех)

Б. Семеновская ул., д.38, Москва, 107023
Тел.+7 495 223 05 23, Факс +7 499 785 62 24
www.mospolytech.ru | E-mail: mospolytech@mospolytech.ru
ОКПО 04350607, ОГРН 1167746817810,
ИНН/КПП 7719455553/771901001

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе,

к.т.н.

Антон Юрьевич Наливайко

2025 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» на диссертационную работу Горбунова Кирилла Сергеевича на тему: «Исследование и совершенствование технологии тонколистовой прокатки в условиях искусственной асимметрии», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением

Актуальность диссертационного исследования

Одним из относительно новых способов повышения эффективности прокатных станов является использование искусственной асимметрии. Создание условий геометрической или скоростной асимметрии в очаге деформации при тонколистовой прокатке позволяет снизить силу прокатки и сформировать напряженно-деформированное и тепловое состояние металла в процессе деформирования, для обеспечения получения проката с мелкозернистой структурой и новыми свойствами, что не достаточно исследовано на непрерывных станах широкого марочного состава.

Поэтому усовершенствование технологии горячей и холодной прокатки полос широкого марочного состава с использованием искусственной асимметрии, снижение энергосиловых параметров и придание стали мелкозернистой структуры, а следовательно, новых свойств является актуальной темой для исследований.

Оценка содержания и оформления диссертации

Представленный текст диссертации оформлен в соответствии с основными требованиями, предъявляемыми высшей аттестационной комиссией на соискание учёной степени кандидата технических наук. Работа в полной мере отражает основное содержание разделов диссертации, которая изложена на 113 страницах машинописного текста, включает введение, пять глав и заключение, иллюстрирована 71 рисунком, содержит 22 таблицы и 141 источник литературы.

Во введении отражена и обоснована актуальность работы, сформулированы цель, задачи, научная новизна и практическая значимость работы. Представлены основные положения, выносимые на защиту, показана апробация результатов.

В первой главе дан анализ текущего состояния, сортамента сталей и влияния асимметрии на процесс продольной прокатки. Отмечена уникальность технологии асимметрии при горячей и холодной прокатке стальных полос. Рассмотрено влияние различных видов асимметрии на кривизну полосы, энергосиловые параметры прокатки и структуру стали.

Вторая глава описывает разработанную компьютерную модель тонколистовой прокатки в «DEFORM-3D» для сталей 08Ю, 17ГС, Э3А и 0504Д, демонстрирующую снижение усилия прокатки до 28% и изменение искривления полосы.

Третья глава посвящена экспериментам по горячей прокатке сталей 17ГС, Э3А и 0504Д на различных лабораторных станах, подтверждающим снижение усилия прокатки до 40% и получение мелкозернистой структуры.

В четвертой главе приведены результаты компьютерного моделирования и экспериментов по холодной прокатке сталей Э3А, 0504Д и 08Ю, показывающие снижение усилия прокатки до 30%.

В пятой главе представлены рекомендации по внедрению искусственной асимметрии прокатки полос на действующих станах горячей прокатки 2000 и холодной прокатки 1400 НЛМК, основанные на экспериментах и расчётах, демонстрирующие снижение усилия прокатки до 9% и до 8%.

Приложения **A1** и **A2** представляют сведения об использовании результатов работы на ПАО «НЛМК» и в ФГБОУ ВО «ЛГТУ».

Диссертационная работа изложена на достаточно высоком методическом и теоретико-экспериментальном уровне и обладает научной новизной и практической значимостью.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. В автореферате отражены основные идеи, решения и выводы диссертации, показан вклад автора в проведённое исследование, степень новизны и практическая значимость.

Научная новизна диссертационной работы

Диссертантом получены следующие наиболее важные результаты, отличающиеся научной новизной:

- Разработана в программном комплексе «DEFORM-3D» компьютерная модель тонколистовой прокатки, отличающаяся от известных моделей учётом искусственной асимметрии, уточнённых реологических и теплофизических свойств сталей при горячей и холодной прокатке;
- Установлены закономерности изменения напряжённо-деформированного состояния полос при использовании искусственной асимметрии в зависимости от технологических параметров процесса;
- На основе моделирования процесса прокатки в условиях искусственной асимметрии доказано, что получение более мелкой зернистой структуры при горячей прокатке связано с увеличением интенсивности сдвиговых деформации в очаге деформации по сравнению с симметричной прокаткой. Увеличение интенсивности деформации сдвига подтверждено экспериментально дополнительным тепловыделением в очаге деформации;
- Разработаны научно обоснованные рекомендации по использованию искусственной асимметрии на действующих промышленных станах горячей и холодной прокатки, основанные на результатах компьютерного моделирования и экспериментах в лабораторных условиях.

Практическая значимость работы

- Полученные в ходе исследования реологические и теплофизические свойства сталей могут быть использованы в качестве справочных данных при

решении прикладных задач процессов обработки металлов давлением, в том числе и при конечно-элементном моделировании.

— В ходе лабораторных экспериментов были получены результаты, отражающие влияние искусственной асимметрии (скоростной и разницы диаметров валков) на энергосиловые параметры, профиль и структуру стали при горячей и холодной прокатке.

— Компьютерная модель асимметричной горячей и холодной прокатки позволяет проводить расчёт энергосиловых параметров на существующих широкополосных станах с учётом особенностей и ограничений используемого оборудования, а также осуществлять прогноз основных параметров процесса прокатки на стадии проектирования новых станов.

— Результаты исследований внедрены в учебный процесс Липецкого государственного технического университета и используются для подготовки бакалавров и магистров по направлению «Металлургия» и переданы в Дирекцию по разработке новых технологий ПАО «НЛМК», для использования при освоении технологий горячей и холодной прокатки перспективных марок сталей на непрерывных станах 2000 и 1400.

Подтверждение опубликованных основных результатов в научной печати и соответствия содержания автореферата основным положениям диссертации

Основные положения диссертации изложены в 27 печатных работах, из которых 16 приведено в автореферате, среди них 6 статей в рецензируемых изданиях, из перечня рекомендованных ВАК РФ и включённых в международную наукометрическую базу Scopus. Материалы диссертации доложены и обсуждены на достаточном количестве научных конгрессах, конференций и семинаров различного уровня. Содержание автореферата диссертации и публикации достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

Обоснованность и достоверность научных результатов

Обоснованность и достоверность основных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждена комплексом

исследований и экспериментов, проведённых в лабораторных условиях и на действующем прокатном стане, а также использованием современных методов физического и компьютерного моделирования. Корректным использованием стандартных методов и методик, используемых при исследовании процессов обработки металлов давлением, а также статистического анализа и обработки данных. Сформулированные научные положения согласуются с известными работами по проблемам повышения качественных показателей металлопродукции и эффективности производства.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Используемые в диссертационной работе современные методы компьютерного и физического моделирования, а также экспериментальных исследования в лабораторных и промышленных условиях обосновывают новые научно-технологические решения по использованию искусственной асимметрии в производстве тонколистового проката, расширяют область её применения и обеспечивают снижение энергосиловых параметров прокатки и получение продукции с новыми свойствами.

Также результаты диссертационной работы могут быть использованы в учебном процессе в профильных вузах, реализующие образовательные программы подготовки бакалавров и магистров по направлению «Металлургия», а также аспирантов по научной специальности 2.5.7. Технологии и машины обработки давлением и 2.6.4. Обработка металлов давлением и на металлургических предприятиях, производящих тонколистовой прокат (ПАО «Северсталь», ПАО «ММК» и др.).

Замечания по работе

По содержанию работы имеются замечания:

1. Не достаточно подробно исследовано влияние асимметрии деформирования на формирование размеров, формы и механических свойств листового проката.
2. Не достаточно обоснованы показатели контактного трения и выбор математических моделей давления металла на валки при прокатке.

3. Не приведены результаты промышленного опробования разработанных диссертантом рациональных условий асимметричной прокатки полос на станах 2000 и 1400 НЛМК.

4. Не исследовано влияние натяжения на показатели прокатки полос.

5. В тексте диссертации имеются грамматические и пунктуационные ошибки.

Указанные замечания носят частный характер, не снижают ценности диссертационного исследования в целом.

Заключение по работе

Диссертационная работа Горбунова К.С. на тему «Исследование и совершенствование технологии тонколистовой прокатки в условиях искусственной асимметрии» является законченной научно-квалификационной работой, в которой за счёт проведённых автором исследований решена актуальная задача снижения энергосиловых параметров прокатки и получения проката с новыми свойствами на основе физического и компьютерного моделирования. Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением в части направлений исследования: п.1. «Исследование и расчёт 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.6. «Разработка способов, процессов и технологий обработки металлов давлением, обеспечивающих экологическую безопасность, экономию материальных и энергетических ресурсов, повышающих качество и расширяющих сортамент изделий».

Диссертационная работа соответствует требованиям Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (с изменениями), а её автор Горбунов Кирилл Сергеевич заслуживает присуждению учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.4. Обработка металлом давлением.

Отзыв рассмотрен на заседании кафедры «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии», протокол №8/н от 17.04.2025 года. На заседании присутствовало 14 членов. Результаты голосования: «за» – 14, против – нет, воздержавшихся – нет.

Отзыв составлен:

Профессор кафедры «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»

ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», д.т.н. (05.16.05 – Обработка металлов давлением), профессор

эл. почта: mmomd@mail.ru

тел.: +79055356837

107023, г. Москва, ул. Б. Семеновская, д.38

Шаталов Роман Львович

Заведующий кафедрой «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии» ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», к.т.н.

(научная специальность 05.02.09 –

Технологии и машины обработки давлением)

эл. почта: a.g.matveev@mospolytech.ru

тел.: +79263379556

107023, г. Москва, ул. Б. Семеновская, д.38

Матвеев Алексей Григорьевич

Лица, подписавшие отзыв, выражают согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело соискателя и их дальнейшую обработку.

подпись Шаталова Р.Л.
Матвеева А.Г. заверяю

ДЕЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬ
ПОГОРЕЛОВА А.В.

