

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Черномырдина Василия Игорьевича

на тему

«ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ТОЛЩИНЫ ХОЛОДНОКАТАНЫХ ПОЛОС НА КОНЦЕВЫХ УЧАСТКАХ ПРИ ПРОКАТКЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СТАЛЕЙ»

представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением

Актуальность темы

Холоднокатаные полосы из электротехнических сталей должны удовлетворять высоким требованиям к продольной разнотолщинности, представленных, например, в стандартах ГОСТ 21427.2-83, ГОСТ 33212-2014, EN10106-2015. Этими нормативными документами установлены предельные отклонения толщины проката от номинальной величины до $\pm 0,02$ мм.

В связи с особенностью функционирования системы автоматического регулирования толщины и натяжений на непрерывных станах порулонной и бесконечной прокатки при снижении скорости технологического процесса присутствуют существенные колебания разнотолщинности на концевых участках готовых стальных полос. Устранение этого недостатка на готовой продукции важно для повышения выхода годного и снижения себестоимости проката.

Таким образом, вопросы разработки эффективных методов регулирования толщины полосы при прокатке концевых участков стальной полосы на нестационарных стадиях процесса применительно к современным действующим станам холодной прокатки остаются актуальными.

Краткая характеристика основного содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, приложений, изложена на 124 страницах машинописного текста и содержит 28 рисунков, 20 таблиц, 1 приложение, библиографический список из 98 наименований.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель и научная новизна диссертации, отмечена научная и практическая ценность результатов исследований.

В первой главе представлены результаты анализа научно-технической литературы, посвященной проблемам формирования толщины холоднокатаных полос в нестационарных стадиях процесса. На основе литературных данных изучено влияние основных параметров прокатки (усилие в клети, удельное натяжение полосы, скорость полосы) на толщину холоднокатаных полос.

Во второй главе приведена методика и результаты исследований распределения толщины полос из электроизотропных (ЭИС) и электроанизотропных (ЭАС) марок сталей по их длине и соответствующих изменений во времени (по длине полос) параметров прокатки на непрерывном четырехклетевом стане 1400 цеха динамных сталей Новолипецкого металлургического комбината (ЦДС НЛМК).

Третья глава посвящена разработке математических моделей формирования толщины полос ЭИС и ЭАС при прокатке на четырехклетевом стане и алгоритмическому подходу регулирования толщины полосы в нестационарных стадиях процесса холодной прокатки.

Получены регрессионные уравнения, отражающие зависимость толщины полосы на выходе из клеток непрерывного стана 1400 ЦДС НЛМК в зависимости от параметров технологического процесса – удельного межклетевого натяжения полосы, скорости и усилия прокатки. Также представлены статистические критерии, подтверждающие достоверность вновь определенных равенств.

Также в главе показаны алгоритмы управления толщиной полосы при нестационарных скоростных режимах работы стана.

В четвертой главе приведены результаты разработки с помощью предложенных алгоритмического подхода и регрессионных моделей режимов холодной прокатки, обеспечивающих снижение длины концевых участков полос электротехнических марок сталей с толщиной вне поля допусков.

Достоверность созданного подхода подтверждена путем моделирования процесса с использованием среды конечно-элементного анализа QForm.

В пятой главе представлены результаты промышленной апробации вновь предложенных решений по корректировке режимов. Применение разработанных решений позволило снизить суммарную среднюю долю длины переднего и заднего концевых участков полос, толщина которых находится вне поля допуска до 0,28 %.

В заключении представлены основные выводы по диссертационной работе.

Научная новизна исследования и значимость полученных результатов диссертационной работы

Автором получены следующие новые научные результаты:

- выявлены закономерности формирования продольной разнотолщинности по длине полос из ЭИС и ЭАС, толщина вне поля допусков определена на концевых участках полос, соответствующих нестационарным стадиям процесса прокатки: заправка, разгон до момента включения системы автоматического регулирования толщины (САРТ), торможение с момента отключения САРТ до скорости выпуска полосы, выпуск полосы;

- определено влияние основных параметров прокатки (усилия, и удельного натяжения) в зависимости от скорости полосы на формирование ее толщины при нестационарных стадиях процесса в первой и последней клетях непрерывного стана 1400, установлена и количественно оценена временная задержка влияния технологических факторов холодной прокатки на изменение толщины, которая составляет 0,5 – 3,5 с, построены регрессионные модели формирования толщины полос из ЭИС и ЭАС, учитывающие не только основные параметры холодной прокатки, но инерционность их влияния;

- создан алгоритмический подход и методика управления продольным профилем концевых участков холоднокатаных полос на его основе с использованием регрессионных моделей прогнозирования изменения толщины после первой и последней клетей с учетом временных задержек.

Практическая ценность результатов диссертационной работы

1. Разработаны режимы холодной прокатки полос на нестационарных стадиях: заправка, разгон до момента включения САРТ, торможение с момента отключения

САРТ до скорости выпуска полосы, выпуск полосы, обеспечивающие снижение продольной разнотолщинности и длины концевых участков полос ЭИС 2-4 групп легирования и ЭАС с толщиной вне допусков. Основные результаты проведенных исследований внесены в технологическую инструкцию стана 1400 ЦДС ПАО «НЛМК».

2. Разработанные технологические режимы позволяют исключить операцию подготовки холоднокатаных полос на агрегате АПХКР для полос ЭАС. Таким образом достигнуто снижение расходного коэффициента на 3,5 кг/т для ЭИС полос и на 1,2 кг/т для ЭАС полос.

3. Полученные в диссертации практические результаты формирования продольной разнотолщинности концевых участков холоднокатаных полос с учетом временных задержек могут быть использованы при оптимизации режимов холодной прокатки на аналогичных станах других металлургических предприятий ООО «ВИЗ-Сталь», ПАО «Северсталь», ПАО «ММК».

4. Плановый годовой экономический эффект от внедрения результатов диссертационной работы и реализации разработанных режимов на стане 1400 ЦДС составляет около 20 млн. руб.

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

Диссертационная работа изложена чётким, технически грамотным языком, её содержание в достаточной степени проиллюстрировано графиками и таблицами. Оформление диссертации отвечает требованиям ВАК РФ. По материалам диссертации опубликовано 6 печатных работ, из них четыре в изданиях, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертации.

Основные положения и результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на XIII и XIV Международных конгрессах прокатчиков (Москва, 2023 г. и Череповец, 2024 г.), на 23-й научно-технической конференция «Новые

перспективные материалы, оборудование и технологии для их получения» (Москва, 2024 г.).

Автореферат диссертации и публикации достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

Обоснованность и достоверность научных результатов диссертационной работы

Обоснованность и достоверность основных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждена комплексом исследований и экспериментов, проведённых на действующем прокатном стане, а также использованием современных методов компьютерного моделирования, корректным использованием стандартных способов 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 диссертационной работы

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при разработке режимов производства на непрерывных станах холодной прокатки стальных полос металлургического комбината для обеспечения минимального уровня продольной разнотолщинности готовой продукции, а также в учебном процессе в профильных вузах, реализующие образовательные программы подготовки бакалавров и магистров по направлению «Металлургия», а также аспирантов по 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 диссертационной работе

1. Непонятно, почему соискатель уделяет внимание проблеме повышенной разнотолщинности только при прокатке электротехнических марок сталей. Обозначенная проблема характерна для технологического процесса производства в целом на непрерывных станах холодной прокатки вследствие особенностей работы системы автоматического регулирования толщины и натяжений (САРТиН), которая обеспечивает отработку требуемой толщины и межклетевого натяжения полосы только при прокатке на рабочей скорости.

2. Для более наглядной демонстрации влияния толщины горячекатаного подката на толщину металла на выходе из первой клетки и толщину проката (рис. 2.17 – рис. 2.20) вместо коэффициента корреляции Пирсона лучше использовать коэффициент R-квадрат.

Указанные замечания носят частный характер, не снижают ценности диссертационного исследования и являются пожеланием автору для продолжения дальнейшей работы.

Общее заключение

Диссертационная работа Черномырдина В.И. на тему «Исследование и разработка технологических режимов для стабилизации толщины холоднокатаных полос на концевых участках при прокатке электротехнических сталей» является законченной научно-квалификационной работой, в которой за счёт проведённых автором исследований решена актуальная задача снижения продольной разнотолщинности на концевых участках холоднокатаных стальных полос. 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.4. «Оптимизация способов, процессов и

