

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Кожевникова Александра Вячеславовича на тему «Теоретическое обоснование и совершенствование процессов тонколистовой прокатки в условиях нестационарного динамического нагружения», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.4 (05.16.05) – «Обработка металлов давлением»

Нестабильность процесса прокатки, выражающаяся в колебаниях основных технологических параметров, приводит к появлению дефектов на поверхности стального проката. Их наличие препятствует освоению проектных мощностей прокатных станов и, как следствие, снижению производительности производства, увеличению накладных и амортизационных расходов на единицу готовой продукции. Диссертационная работа Кожевникова Александра Вячеславовича посвящена решению данной актуальной задачи по совершенствованию технологии холодной прокатки листов из стали на многоклетевых станах.

Автором проведен анализ существующих работ в области исследования динамики и нестационарных процессов непрерывной листовой прокатки, разработана комплексная динамическая модель процесса холодной прокатки тонких стальных полос. Подробно исследованы влияния стохастичности характеристик прокатываемой полосы и нестационарных условий протекания процесса на геометрические и энергосиловые параметры очага деформации. Разработаны, испытаны и внедрены технические и технологические решения по стабилизации и повышению энергоэффективности процесса прокатки на основе выполненных в работе теоретических и экспериментальных исследований.

Научная новизна работы:

1. Разработана комплексная динамическая модель процесса холодной прокатки, объединяющая подмодели электромеханической системы с математическим описанием элементов привода и валкового узла, очага деформации.
2. Получены математические выражения для расчёта опережения при горячей и холодной прокатке, учитывающие трение в очаге деформации. Установлено, что колебания натяжений на действующих прокатных станах в пределах 25-25% могут изменять значения опережения в 1,6-2 раза, что приводит к необходимости корректировки скоростного режима.
3. Раскрыт механизм возникновения негативных вибрационных эффектов, ограничивающих скорость прокатки на 25-50% от проектных значений.
4. Разработана и реализована численная модель процесса холодной прокатки, сопровождающегося вибрациями рабочих валков, включающая математическое описание стальной упругопластической полосы и рабочих валков с вращательным движением и перемещением по вертикали в виде гармонических колебаний.
5. Разработаны методы идентификации опасной резонансной фазы вибрационных процессов в рабочих клетях станов холодной прокатки, позволяющие достоверно установить момент наступления указанной фазы и обеспечить время, необходимое для выработки

управляющего воздействия на изменение технологических параметров. Применение указанных методов позволяет на скоростях прокатки 15-20 м/с идентифицировать вибрации за 5-10 секунд до их возникновения, что обеспечивает эффективное безаварийное управление станом.

6. Разработана методология проектирования энергоэффективной технологии холодной прокатки тонких стальных полос, практическая реализация которой позволила выполнить проектирование технологического режима со сниженной на 5-8% удельной энергоёмкостью.

7. Разработан интеллектуальный алгоритм работы с большими массивами технологических данных, обеспечивающий минимальную удельную энергоёмкость процесса. Применение алгоритма заменяет сложное аналитическое моделирование процесса прокатки и позволяет сформировать технологический режим с потребляемой мощностью на 5-8% меньше среднего значения выборке. Данный подход для повышения энергоэффективности процессов производства прокатной продукции применяется впервые.

Практическая значимость результатов работы:

1. Разработан метод активного электромагнитного демпфирования нагрузочных и крутильных колебаний в линии главного привода и схема управления демпфированием, основанные на принципе активного гашения путём добавления в цепь управления демпфирующего сигнала в противофазе основным колебаниям.

2. Предложены технические решения, обеспечивающие эффективное гашение пульсаций тока якоря и повышающие энергоэффективность процесса прокатки.

3. Разработан способ идентификации вибраций в рабочих клетях станов холодной прокатки, основанный на статистической оценке в режиме «online» выборки межклетевых натяжений полосы и токовых нагрузок.

4. Разработана структурная схема автоматизированной подсистемы корректировки величины опережения и скорости рабочих валков с учётом текущих значений технологических параметров и характеристик полосы.

5. Разработаны практические рекомендации по корректировке технологических параметров процесса холодной прокатки, обеспечивающие эффективное воздействие на геометрию очага деформации и качество поверхности холоднокатаного проката, исключающие возможность возникновения резонансных вибраций и повышающие энергоэффективность процесса.

6. Разработаны программы для ЭВМ, позволяющие определять и оценивать изменение энергосиловых параметров процесса холодной тонколистовой прокатки, параметров очага деформации в условиях упругопластического деформирования и динамического протекания процесса с учётом разнотолщинности прокатываемого металла, крутильных колебаний в электромеханической системе привода, колебаний натяжений и механических свойств холоднокатаного проката.

Апробация работы. Основные материалы работы докладывались и обсуждались на 17 международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 54 статьи, в том числе 29 в журналах, рекомендованных ВАК, 8 в зарубежных журналах. Получено 4 патента на изобретения РФ, 1 патент на полезную модель и 4 свидетельства на регистрацию программ для ЭВМ, выпущена 1 монография.

Сколько-нибудь значительных замечаний по существу работы нет.

Представленный на отзыв автореферат диссертации на соискание ученой степени д.т.н. свидетельствует, что диссертационная работа Кожевникова А.В. является законченным научным трудом, позволившим выдать на реальное производство практические рекомендации, позволившие ПАО «Северсталь» повысить энергоэффективность производства тонких холоднокатаных стальных полос.

Работа, судя по автореферату, отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, соответствует специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением», а ее автор Кожевникова А.В. достоин присвоения ученой степени доктора технических наук.

Начальник участка горячей прокатки
деформационного цеха ОАО «ВИЛС», к.т.н.



11.02.2022г.

А.Я. Винокуров

121596, г. Москва, ул. Горбунова, 2.
тел.: +7 495 287-74-00, доб. 20-30,
+7 926 223-23-44
e-mail: alexander_vinokurov@oaovils.ru

«Подпись Винокурова А.Я. заверяю»

Директор по персоналу ОАО «ВИЛС»



Н.А. Третьякова