

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента  
Роберова Ильи Георгиевича  
на диссертационную работу

Кожевникова Александра Вячеславовича

«Теоретическое обоснование и совершенствование процессов тонколистовой прокатки в условиях нестационарного динамического нагружения»,  
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением (технические науки)

Диссертация А.В. Кожевникова состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка из 300 источников и двух приложений. Объем работы составляет 346 страниц, включая 164 рисунка, 24 таблицы.

### **1. Актуальность темы диссертации**

Повышение производительности прокатных агрегатов с минимальными издержками производства и эффективное проектирование технологий производства новых марок стали – основные направления современного прокатного производства. Реализация этих направлений возможна только на основе развития теории листовой прокатки в части рассмотрения процесса прокатки в реальном режиме времени в виде комплексного взаимодействия режимов нагружения линии привода и очага деформации.

В связи с этим диссертационная работа Кожевникова А.В., направленная на развитие теоретических основ, моделей и методов описания процессов тонколистовой прокатки в условиях нестационарного динамического нагружения является весьма актуальной для решения задач по стабилизации и повышению энергоэффективности прокатного производства,

### **2. Научная новизна основных результатов диссертации**

Научную новизну теоретических разработок, представленных в диссертации, можно подтвердить следующими положениями, разработанными автором:

1. Модель и методы расчета процесса холодной прокатки, позволяющие определять технологические, кинематические и энергосиловые параметры при нестационарном динамическом нагружении.

2. Описание механизма возникновения негативных вибрационных эффектов, заключающегося в несоблюдении для рабочей клетки условий прокатки полосы с натяжением и ее чередованием во времени с прокаткой с подпором. Причинами нарушения указанных условий является повышение уровня колебаний относительных обжатий, межклетевых натяжений, токовых нагрузок в линии привода до 15–25 % от заданных значений.

3. Численная модель процесса холодной прокатки, сопровождающегося вибрациями рабочих валков, с математическим описанием стальной полосы и рабочих валков с вращательным движением и перемещением по вертикали в виде гармонических колебаний для расчета продольных напряжений в поверхностном слое металла, силы прокатки, продольной разнотолщинности полосы и прогнозирования профиля поверхности полосы после прокатки.

4. Модульная методология проектирования технологических параметров процесса прокатки, основанная на полученных в ходе диссертационного исследования теоретических принципах и аналитических алгоритмах, направленных на исключение воздействия негативных динамических эффектов на качество прокатной продукции и производительность станов, на обеспечение устойчивости процесса при его минимальной удельной энергоемкости.

5. Интеллектуальный алгоритм работы с большими массивами технологических данных, основанный на методе эволюционного моделирования, включающем статистическое исследование выборки фактических значений мощности прокатки для определения граничных условий, формирование стартовой выборки значений технологических параметров и расчет стартового значения мощности, комбинирование и изменение значений параметров режимов для итерационного подбора оптимального значения мощности.

### **3. Достоверность и обоснованность научных положений**

Основные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы опираются на строгое соблюдение законов и положений теории прокатки, корректное применение компьютерных технологий и методов статистической обработки, и подтверждены использованием на действующих непрерывных широкополосных станах.

### **4. Ценность диссертационной работы для практики**

Практически значимые результатами работы заключаются в следующем:

1. Разработаны практические рекомендации по корректировке технологических параметров, совершенствованию оборудования, а также алгоритмов управления процессами листовой прокатки, обеспечивающие эффективное воздействие на геометрию очага деформации и качество поверхности проката, исключающие возможность возникновения резонансных вибраций и повышающие энергоэффективность процесса.

2. Разработаны методы идентификации и прогнозирования резонансной фазы вибрационных процессов в рабочих клетях станов холодной прокатки, основанные на статистическом анализе фактических значений межклетевых натяжений полосы и токовых нагрузок, возникающих в линии привода. Применение методов позволяет на скоростях прокатки 15–20 м/с определить вибрации за 5–10 секунд до их возникновения, что обеспечивает необходимое время для выработки управляющего воздействия на корректировку технологических режимов.

3. Разработан метод активного электромагнитного демпфирования нагрузочных и крутильных колебаний в линии главного привода, основанный на принципе активного гашения посредством наложения одинаковых сигналов с противоположным знаком. Использование метода позволяет снизить колебания скорости прокатки и токовых нагрузок на 10–20 %, что приводит к стабилизации технологического процесса и снижению потерь электроэнергии при работе главных приводов прокатных станов за счет снижения уровня колебаний основных технологических параметров.

4. Разработан комплекс программ для ЭВМ, позволяющих определять и оценивать изменения энергосиловых параметров процесса холодной тонколистовой прокатки, параметров очага деформации в условиях упругопластического деформирования и динамического протекания процесса с учетом разнотолщинности прокатываемого металла, крутильных колебаний в электромеханической системе привода, колебаний натяжений и механических свойств холоднокатаного проката.

5. Возможная реализация результатов работы на ПАО «Северсталь» характеризуется суммарным экономическим эффектом, превышающим 200 млн руб. в год.

### **5. Оценка содержания диссертации, ее завершенности**

Диссертация А.В. Кожевникова «Теоретическое обоснование и совершенствование процессов тонколистовой прокатки в условиях нестационарного динамического нагружения» представляет собой самостоятельную научно-исследовательскую работу, обладающую внутренним единством и имеющую завершенный характер. В ней содержится комплекс взаимосвязанных теоретических и практических решений, направленных на стабилизацию и повышение энергоэффективности листопрокатного производства путем развития теоретических основ, моделей и методов описания процессов в условиях нестационарного динамического нагружения.

По актуальности темы, научной новизне, практической значимости и эффективности полученных результатов работа А.В. Кожевникова удовлетворяет требованиям к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук. Оформление диссертации отвечает требованиям ВАК. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

### **6. Подтверждение опубликования основных результатов диссертации**

Основное содержание и результаты работы опубликованы в 54 печатных работах, включая 29 статей в журналах ВАК РФ, 8 – в изданиях, включенных в базы данных Web of Science и Scopus, 17 – в сборниках научных трудов конференций; получено 4 патента на изобретения, 1 патент на полезную модель и 4 свидетельства на регистрацию программ для ЭВМ; выпущена 1 монография.

Автореферат диссертации и публикации достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

## **7. Замечания и вопросы по диссертационной работе**

1. В диссертации не рассмотрены вопросы, связанные с влиянием отклонений химического состава и характера структурного состояния стальной полосы на стабильность процесса прокатки и уровень энергозатрат.

2. В параграфе 3.4 диссертации приводятся результаты исследования влияния частоты колебаний валкового узла, скорости прокатки и величины обжатия на изменение параметров дефекта «поперечная ребристость», но не приводятся рекомендации по его возможному устранению.

3. В параграфе 3.5 диссертации представлено несколько методов идентификации резонансной фазы автоколебаний в процессе прокатки, однако в работе отсутствует сравнительный анализ эффективности указанных методов.

4. В диссертации отсутствует объяснение причин возникновения резонансных вибраций, наблюдаемых только при прокате полос толщиной менее 0,5 мм.

5. В диссертации не показано, на основании каких оценочных критериев автор пришел к выводу о нормальном характере распределения основных технологических параметров и показателей механических свойств стальной полосы в процессе прокатки.

6. Автором разработаны рекомендации по автоматическому проектированию технологии прокатки методом выбора параметров, идентификации вибраций и принципам задания скоростного режима прокатного стана. Однако в работе не уточняется, для какой категории специалистов предназначены в первую очередь указанные рекомендации.

7. С целью реализации предложенных автором технических решений, касающихся оперативных перенастроек стана в режиме реального времени, целесообразно разработать отсутствующие в диссертации рекомендации, направленные на совершенствование существующих систем контроля технологических параметров действующих прокатных станов, а также обосновать необходимость выполнения соответствующих технических мероприятий.

## **8. Заключение**


Теоретические положения, разработанные в диссертации, а также эффективное использование рекомендаций работы в производстве плоского проката ПАО «Северсталь» свидетельствуют о том, что диссертация А.В. Кожевникова является завершенной научно-квалификационной работой, в которой обоснованы технические и технологические решения по стабилизации и повышению энергоэффективности процессов тонколистовой прокатки на основе развития теории процессов в условиях нестационарного динамического нагружения. Внедрение результатов работы вносит существенный вклад в развитие листопрокатного производства.

Содержание диссертации и автореферата соответствуют п. 1 «Исследование и расчет деформационных, скоростных, силовых, температурных и других параметров разнообразных процессов обработки металлов, сплавов и композитов давлением»; п. 2 «Исследование процессов пластической деформации металлов, сплавов и композитов с

помощью методов физического и математического моделирования»; п. 3 «Исследование структуры, механических, физических, магнитных, электрических и других свойств металлов, сплавов и композитов в процессах пластической деформации»; п. 4 «Оптимизация процессов и технологий обработки давлением для производства металлопродукции с заданными характеристиками качества»; п. 5 «Математическое описание процессов пластической деформации металлов, сплавов и композитов с целью создания математических моделей, способов, процессов и технологий»; п. 6 «Разработка способов, процессов и технологий для производства металлопродукции, обеспечивающих экологическую безопасность, экономию материальных и энергетических ресурсов, повышающих качество и расширяющих сортамент изделий» паспорта специальности (05.16.05) 2.6.4. – Обработка металлов давлением (технические науки).

Считаю, что диссертационная работа Кожевникова Александра Вячеславовича «Теоретическое обоснование и совершенствование процессов тонколистовой прокатки в условиях нестационарного динамического нагружения» по объему, научной и практической значимости полученных результатов полностью соответствует требованиям п.п. 9–14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, Кожевников Александр Вячеславович, достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.4. – Обработка металлов давлением (технические науки).

Доктор технических наук,  
(05.16.05 – Обработка металлов давлением),  
главный технолог Центра по стандартизации  
авиационной промышленности  
ФГУП «ВНИИ «Центр»

  
Роберов Илья Георгиевич  
17.02.2022.

Подпись Роберова И.Г. заверяю:



**Контактные данные:**

почтовый адрес: 142703, Московская область, г. Видное, улица Строительная, дом 15, кв. 87  
телефон: +7 (909) 633-75-61  
e-mail: roberov@yandejx.ru