

Краматорский индустриальный институт

На правах рукописи

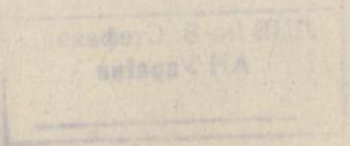
Лучанинов Сергей Владимирович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРОЦЕССА
ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ ТОЛСТЫХ ЛИСТОВ

Специальность 05.03.05 – Процессы и машины обработки давлением

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Краматорск – 1993





00814752 (R)

Работа выполнена в Краматорском индустриальном институте

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор
Потапкин Виктор Федорович

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор
Коновалов Григорий Вячеславович
кандидат технических наук, доцент
Римен Владимир Хананович

Ведущее предприятие – Донецкий металлургический завод

Защита состоится "13" мая 1993 года в 10⁰⁰ часов на заседании специализированного совета Д.068.01.01 при Краматорском индустриальном институте по адресу г. Краматорск, ул. Шкадинова 76, индустриальный институт, зал заседаний.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Краматорского индустриального института.

Автореферат разослан "9" апреля 1993г.

Ученый секретарь специализированного
совета Д.068.01.01
кандидат технических наук, доцент

А. В. Сатонин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Дальнейшее повышение эффективности процесса производства толстых горячекатаных листов неразрывно связано с увеличением коэффициента выхода годного и улучшением показателей качества готовой металлопродукции. Решение поставленных задач может быть достигнуто путем создания новых, а также путем дальнейшего совершенствования существующих технологий и механического оборудования для производства толстых листов.

Среди технологических решений, повышающих эффективность толстолистовой прокатки следует отметить прокатку с профилированием граней раската, а также асимметричную прокатку. Однако недостаточная степень изученности этих процессов, нерешенность целого ряда задач, связанных с ними, делают актуальным проведение комплекса дальнейших исследований, направленных на их совершенствование.

Кроме того, повышение точности геометрических характеристик готового проката неразрывно связано с дальнейшим изучением законов формирования продольного и поперечного профиля листов, внедрением систем автоматизированного регулирования толщины (САРТ), а также дальнейшим совершенствованием технологических режимов и оптимизацией конструктивных параметров механического оборудования рабочих клеток толстолистовых прокатных станков.

Цель работы: Основной целью работы является разработка математических моделей, программных средств и рекомендаций, обеспечивающих повышение технико-экономических показателей процессов прокатки толстых листов.

Общая методика исследований. В работе использован комплексный подход, включающий в себя теоретические и экспериментальные исследования, а также проектно-конструкторскую проработку. В основу теоретических исследований положены методы теории упругости и пластичности, методы математической статистики, а также методы теории операций, включающие математическое и имитационное моделирование на ЭВМ, постановку и решение задач оптимизации. Экспериментальные исследования были выполнены на основе физического моделирования процесса прокатки толстых листов в лабораторных и промышленных условиях, измерения энергосиловых параметров при помощи тензометрической аппаратуры, а также на основе экспертной оценки основных показателей качества готового проката.

Научная новизна. Среди основных положений и разработок, пред-

ставленных в диссертации, новыми для науки и практики являются следующие:

Разработан комплекс математических моделей по автоматизированному расчету и проектированию основных кинематических параметров процесса профилирования граней раската на толстолистовых прокатных станах.

На основе численной интерпретации метода верхней оценки разработан комплекс математических моделей, позволяющих прогнозировать поведение переднего и заднего концов раската с учетом асимметрии кинематических и геометрических параметров, а также с учетом неравномерного распределения механических свойств прокатываемого металла по высоте очага деформации.

На основе уточненного и расширенного алгоритма имитационной математической модели исследовано и получило количественное описание влияние стохастического изменения исходных параметров процесса горячей прокатки на точность геометрических характеристик получаемых толстых листов. Предложены и исследованы алгоритмы по автоматическому регулированию профиля раската, учитывающие вероятностный характер изменения толщины, ширины, массы, механических свойств и температуры, а также вероятностный характер изменения протяженности технологических пауз и величины настроечного межвалкового зазора.

Предложена уточненная методика расчета напряженно-деформированного состояния узла станин рабочих клетей прокатных станов, обеспечивающая возможность учета различных видов нагружения и поперечин, и стоек. Разработан комплекс программных средств по автоматизированному проектированию основных конструктивных соотношений узла станин, обеспечивающих заданные показатели прочности и жесткости при минимальной удельной металлоемкости конструкции.

Практическая ценность. В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований уточнены математические модели и разработаны программные средства по автоматизированному расчету и проектированию технологических режимов процесса горячей прокатки толстых листов, обеспечивающих в своей совокупности и сочетании повышение коэффициента выхода годного, повышение точности геометрических характеристик, и обеспечение требуемых механических свойств готового проката, а также снижение удельной металлоемкости механического оборудования. Уточнены исходные данные на проектирование нажимных механизмов черновой рабочей клетки стана 2800. Даны рекомендации по снижению продольной кривизны прокатываемых листов и разра-

ботаны программные средства по автоматизированному проектированию основных конструктивных параметров, обеспечивающих снижение удельной металлоемкости механического оборудования толстолистовых прокатных станов.

Реализация работы в промышленности. Результаты диссертационной работы внедрены:

при разработке проектов реконструкции станов 2250 (Алчевский металлургический комбинат, г.Алчевск) и 2800 (Череповецкий металлургический комбинат, г.Череповец);

при разработке технического предложения на проект реконструкции стана 3600 (Польша);

при разработке технического проекта реверсивного и дрессировочного станов 1400 ("Серп и молот", г.Москва);

при проектировании и опытно-промышленной эксплуатации механического оборудования специализированного комплекса, включающего стан 500 для прокатки многослойных полиметаллических композиций и прессовую машину ПМ-6000 (Белорусское республиканское научно-производственное объединение порошковой металлургии, г.Минск);

Экономическая эффективность от внедрения результатов работы, с учетом долевого участия автора, составила 96,96 тыс.руб. в ценах 1989 г.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы доложены на Всесоюзной научно-технической конференции "Новые технологические процессы прокатки, как средство интенсификации производства и повышения качества продукции" (Челябинск, 1989), научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава, научных и инженерно-технических работников КИИ (Краматорск, 1990, 1992), научно-техническом совете АО "Новокраматорский машиностроительный завод" (Краматорск, 1989, 1990), научно-технической конференции молодых специалистов УкрНИИМеталлургМаш (Славянск, 1990), объединенном научном семинаре факультета АПОМД КИИ (Краматорск, 1993).

Публикации. Основное содержание работы опубликовано в пяти статьях и двух авторских свидетельствах на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти разделов и общих выводов. Основное содержание работы изложено на 120 страницах машинописного текста. Работа содержит 93 рисунка, 2 таблицы, библиографический список из 120 наименований и 6 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

I. Конструктивные параметры и технологические особенности работы механического оборудования толстолистовых прокатных станов (состояние вопроса)

Процесс горячей прокатки толстых листов изучен достаточно полно в работах Целикова А.И., Королева А.А., Полухина П.И., Коновалова Ю.В., Клименко В.М., Бровмана М.Я., Горелика В.С. и др. с точки зрения методов расчета энергосиловых параметров и проектирования технологических режимов, в том числе и по условию максимальной загрузки механического оборудования. Дальнейшее совершенствование данного технологического процесса неразрывно связано с повышением коэффициента выхода годного на основе реализации процессов профилирования раската, а так же с повышением точности геометрических характеристик и показателей степени плоскостности на основе освоения систем автоматического регулирования и оптимизации конструктивных параметров механического оборудования.

Процесс профилирования передней и задней граней раската в черновой рабочей клетке толстолиствого стана позволяет управлять формой раската в плане и, как следствие, значительно снизить отходы металла на обрезь. В то же время, данная технологическая схема изучена недостаточно полно с точки зрения ее силовых и кинематических параметров, а также с точки зрения взаимосвязи требуемой кинематики и основных конструктивных параметров конкретного механического оборудования.

Перспективным направлением дальнейшего развития процесса горячей прокатки толстых листов является создание принудительной кинематической асимметрии очага деформации, а это, наряду с возможной геометрической асимметрией и неравномерным распределением механических свойств прокатываемого металла по толщине, делает актуальным постановку и решение задачи по прогнозированию поведения свободных концов раската, и, как следствие, по прогнозированию продольной кривизны получаемых листов.

В качестве основного направления дальнейшего повышения точности геометрических характеристик в партии листов одного номинального типоразмера и снижения продольной разнотолщинности является использование систем автоматического регулирования толщины. Вместе с тем, осуществление данного мероприятия, связанного со значительными капи-

тальными затратами и наличием ряда отрицательных эффектов с точки зрения поперечной разнотолщинности и степени плоскостности, делает необходимым повышение степени научной обоснованности принимаемых в этом случае проектно-конструкторских решений.

Основным элементом в составе механического оборудования толстолистовых станов, с точки зрения технологических возможностей и удельных капитальных затрат, являются черновые и чистовые рабочие клетки. При этом, дальнейшее совершенствование их конструктивных параметров направлено на снижение удельной металлоемкости при одновременном обеспечении требуемого уровня обобщенного модуля жесткости и показателей прочности.

Отмеченное выше определило целевое предназначение данной работы и сделало актуальным проведение дальнейших исследований по следующим основным направлениям:

- разработка математических моделей и рекомендаций по выбору исходных данных на проектирование нажимных механизмов, обеспечивающих требуемые геометрические параметры процесса профилирования при горячей прокатке толстых листов;
- математическое моделирование кинематических параметров процесса асимметричной прокатки и разработка рекомендаций по снижению продольной кривизны получаемых толстых листов;
- количественный анализ влияния вероятностного характера изменения исходных параметров процесса горячей прокатки толстых листов на точность геометрических характеристик и разработка рекомендаций по повышению качества готового проката;
- уточнение методов расчета и разработка программных средств по автоматизированному проектированию механического оборудования рабочих клеток толстолистовых прокатных станов, обеспечивающих снижение удельной металлоемкости при одновременном обеспечении заданных технических и эксплуатационных характеристик.

2. Математическое моделирование энергосиловых и кинематических параметров процесса горячей прокатки толстых листов при профилировании в черновой рабочей клетке

Применительно к реализации процесса профилирования раската разработаны математические модели по расчету величины усилия профилирования с учетом дополнительной составляющей длины дуги контакта

металла с рабочими валками, имеющей место вследствие осадки металла при его профилировании, а также с учетом основных геометрических характеристик результирующего профиля раската, вытекающих из решения упруго-пластической задачи "рабочая клеть-прокатываемый металл".

На основе полученных математических моделей разработан комплекс программных средств, позволяющих решать различные, как по постановке, так и по направленности предоставляемой информации, задачи, связанные с определением требуемых законов распределения скорости изменения межвалкового зазора при обеспечении заданной формы профиля, влиянием неточности распределения скорости перемещения нажимного механизма на форму конечного профиля, а также с определением требуемой скорости изменения межвалкового зазора и ускорения нажимного механизма при обеспечении заданных геометрических характеристик результирующего профиля. Кроме того, на основе разработанного комплекса программных средств возможно получение требуемых законов распределения скорости перемещения нажимных механизмов рабочей клетки при формировании конечного профиля любой сложности.

Достаточная степень достоверности полученных математических моделей подтверждена экспериментально при физическом моделировании процесса профилирования на промышленно-лабораторном стане 260*200 Краматорского индустриального института.

На основе результатов численной реализации полученных программных средств применительно к процессу профилирования на толстолистовом стане 2800 Череповецкого металлургического комбината, установлено следующее:

- погрешность нелинейности продольного профиля раската при постоянной скорости перемещения нажимных механизмов, с учетом величины их ускорения, не превышает 2...3%, что свидетельствует о возможности использования для получения клиновидных профилей с прямолинейной формой поверхности постоянной по всей длине профиля скорости обработки нажимных механизмов;

- с учетом требований на геометрические характеристики получаемого профиля и возможных уровней скорости прокатки, требуемая скорость перемещения нажимных механизмов при профилировании составляет 10...50 мм/с, где большее значение указанного диапазона соответствует большей величине перепада толщины, меньшей протяженности участка профилирования, а также более высоким значениям скорости прокатки;

- при скорости перемещения нажимного механизма равной 15 мм/с скорость прокатки в черновой клетке стана 2800 при реализации процесса профилирования должна быть снижена до 0,2...0,35 м/с с целью получения профилированных участков заданной длины;

- необходимой и достаточной величиной ускорения нажимного механизма черновой рабочей клетки стана 2800 ЧерМК является $80...100\text{мм/с}^2$, при этом дальнейшее увеличение ускорения практически не влияет на требуемые кинематические и геометрические характеристики собственно процесса профилирования.

Полученные математические модели и программные средства были использованы применительно к уточнению исходных данных на проектирование гидравлического нажимного устройства черновой рабочей клетки, в рамках проектно-конструкторских работ по реконструкции механического оборудования толстолиствого стана 2800 ЧерМК.

3. Исследование кинематических параметров при асимметричной прокатке относительно толстых листов

В качестве объекта исследования при математическом моделировании кинематики пластического течения металла в условиях асимметричной прокатки относительно толстых листов были использованы кинематически возможные поля скоростей с последующим определением суммарной мощности формоизменения.

Непосредственно построение полей характеристик в физической плоскости и плоскости годографа осуществляли посредством количественного определения координат особых точек, получаемых путем разбиения очага деформации на четыре жесткие зоны.

При построении кинематически возможных полей скоростей были приняты следующие основные допущения:

- аппроксимация контактных дуг хордами;
- условие равенства горизонтальных проекций дуг контакта на противоположных рабочих вальках;
- граничные сечения на входе и выходе металла из очага деформации, приняты вертикальными, т.е. параллельными оси Y физической плоскости;
- величина сопротивления металла деформации сдвига по длине очага деформации принималась постоянной.

Непосредственно решение данной задачи было осуществлено приме-

нительно к случаю фиксированного горизонтального перемещения заднего конца, а также при свободном перемещении и переднего, и заднего концов прокатываемых листов. При выборе корректного решения в каждом отдельном случае использовали условие минимума суммарной мощности формоизменения, достигаемое за счет направленного пошагового изменения угловых характеристик кинематически возможных полей скоростей. В качестве варьируемых, т.е. исследуемых, факторов были использованы неравенство диаметров рабочих валков, несоответствие их окружных скоростей, а также неравномерность распределения механических свойств прокатываемого металла по толщине, что, в частности, может иметь место при прокатке двухслойных биметаллических композиций, характеризующихся наличием предварительных межслойных связей.

Достаточная степень достоверности полученных математических моделей подтверждена результатами экспериментов, проведенных с использованием устройства для пластической деформации, а также результатами сопоставления с аналогичными решениями, полученными на основе метода полей линий скольжения.

С точки зрения снижения продольной кривизны показана возможность компенсации геометрической асимметрии и неравномерности распределения механических свойств по толщине за счет различия в окружных скоростях рабочих валков. При этом установлено, что для всего сортамента специализированного стана 500 (Белорусское республиканское научно-производственное объединение порошковой металлургии) необходимая и достаточная величина кинематической асимметрии процесса составит $K_v = V_1/V_2 = 0,5 \dots 2,0$. Расширение диапазона компенсации в этом случае может быть достигнуто за счет дополнительной геометрической асимметрии, обеспечиваемой использованием рабочих валков диаметрами 320 и 710 мм.

4. Имитационное математическое моделирование процесса горячей прокатки толстых листов

На основе методов расчетов энергосиловых параметров, обобщенных в соответствии с общей стратегией метода Монте-Карло, была разработана имитационная математическая модель процесса горячей прокатки в черновых и чистовых рабочих клетях толстолистовых станов. Исходя из логики реализации данного процесса в качестве стохастически изменяемых (варьируемых) параметров были приняты исходная

толщина, ширина, масса и температура подката, базовое сопротивление металла деформации, скорость прокатки в каждом из проходов, время технологических пауз между проходами, а также величина настроечного межвалкового зазора. Закон распределения исходных характеристик процесса прокатки принят нормальным. В разработанную имитационную математическую модель заложена возможность учета отработки систем автоматизированного регулирования толщины (САРТ) по отношению к продольному и к поперечному профилю в пределах партии листов одного номинального типоразмера.

Достаточная степень достоверности представленной имитационной математической модели подтверждена результатами сопоставления расчетных и эмпирических распределений, полученных применительно к условиям промышленного производства.

На основе рассмотренной имитационной модели выполнен количественный анализ влияния модуля жесткости рабочей клетки, а также вероятностного характера изменения исходных параметров процесса на точность получаемых готовых листов, при этом установлено, что в наибольшей степени на точность геометрических характеристик оказывает влияние стохастическое изменение исходной температуры, механических свойств подката, а также его ширины. Показано, что использование систем автоматизированного регулирования толщины приводит к увеличению коэффициента вариации полного усилия прокатки, и, как следствие, к увеличению поперечной разнотолщинности и снижению степени плоскостности готовых листов.

Предложены алгоритмы автоматизированного регулирования толщины листов в пределах партии одного номинального типоразмера, позволяющие использовать нажимные механизмы электро-механического типа.

Дана количественная оценка эффективности различных систем автоматизированного регулирования и разработан алгоритм управления противоизгибом рабочих валков, обеспечивающий повышение точности геометрических характеристик готового проката в продольном и поперечном направлениях.

Полученные математические модели и программные средства были использованы в рамках анализа технологических режимов и разработки технического задания на реконструкцию механического оборудования толстолистового стана 2250 Алчевского металлургического комбината. Показана целесообразность реконструкции чистой рабочей клетки, обеспечивающей повышение точности готового проката на 15...25% за счет увеличения модуля жесткости с 4000 кН/мм до 5800 кН/мм. Даль-

нейшее повышение точности может быть обеспечено за счет стабилизации исходной температуры, а также за счет использования систем автоматизированного регулирования толщины прокатываемых листов. Аналогичные рекомендации получены также и применительно к реконструкции толстолистового стана 3600 (Польша) производства АО НКМЗ.

5. Математические модели, программные средства и результаты автоматизированного расчета и проектирования узлов станин рабочих клетей прокатных станов

В работе уточнена методика расчета узлов станин закрытого типа на основе учета возможных видов нагружения поперечин и стоек (сосредоточенная сила, распределенная нагрузка, две разнесенные силы и т.д.), в том числе и с различными вариантами асимметрии нагрузок, как по их виду, так и по величине.

При этом величину статически неопределимых моментов в углах станины при асимметричной нагрузке поперечин и наличии распирающей горизонтальной нагрузки на стойках определяли при помощи следующих зависимостей:

$$M_1 = 6E \frac{(Q_{y1} + Q_x) J_1 J_3 (2L_2 J_2 + 3L_1 J_3) - (Q_{y2} + Q_x) L_2 J_1 J_2 J_3}{(2L_2 J_2 + 3L_1 J_3)(2L_2 J_1 + 3L_1 J_3) - L_2^2 J_1 J_2};$$

$$M_2 = 6E \frac{(Q_{y2} + Q_x) J_2 J_3 (2L_2 J_1 + 3L_1 J_3) - (Q_{y1} + Q_x) L_2 J_1 J_2 J_3}{(2L_2 J_2 + 3L_1 J_3)(2L_2 J_1 + 3L_1 J_3) - L_2^2 J_1 J_2};$$

где M_1, M_2 - статически неопределимые моменты в местах сопряжения стоек, соответственно, с верхней и нижней поперечинами; Q_{y1}, Q_{y2}, Q_x - составляющие углов поворота осей, соответственно, от действия внешних нагрузок Y_1, Y_2 и X ; Y_1, Y_2, X - соответственно, интегральные значения нагрузки на верхней, нижней поперечинах и стойке станины; J_1, J_2, J_3 - моменты инерции сечений, соответственно, верхней, нижней поперечин и стоек; L_1, L_2 - ширина и высота узла станин по нейтральным линиям; E - модуль упругости материала станины.

На основе разработанной уточненной методики расчета узлов станин закрытого типа разработан комплекс программных средств по авто-

матризованному проектированию основных конструктивных параметров исходя из условия обеспечения требуемой прочности и жесткости при минимальной удельной металлоемкости данного узла. Выявлены рациональные соотношения геометрических характеристик соотношения толщины поперечин и стоек.

В частности, на основе результатов численной реализации программных средств, проведенной применительно к узлам станин толстолистовых станков, установлено, что по условию обеспечения равнопрочности рациональное сочетание толщины поперечин и стоек находится в диапазоне 2,5...3,5, а по условию максимума жесткости - 2,3...3,0. При этом меньшие значения указанных диапазонов соответствуют большому плечу приложения распределенной нагрузки на каждой из поперечин.

Дан количественный анализ влияния формы поперечного сечения стоек узла станин и установлено, что с точки зрения максимума жесткости предпочтительным является использование стоек прямоугольного сечения, в то время как применение более сложных форм (тавровая, двутавровая и др.) позволяет добиться уменьшения величины действующих в элементах станины напряжений.

Кроме того, на основе анализа результатов численной реализации программных средств установлено, что появление и увеличение горизонтального распирающего усилия на стойке приводит к некоторому увеличению модуля жесткости узла станин, что, в свою очередь, может быть использовано с точки зрения активного управления величиной межвалкового зазора и модулем жесткости всей рабочей клетки.

Полученные математические модели и программные средства использованы при выборе основных конструктивных параметров узлов станин рабочих клеток толстолистовых станков 2250 (АМК), 3600 (Польша, производства АО НКМЗ), дрессировочного и прокатного станков I400 ("Серп и молот", г.Москва), а также прессовой машины ПМ 6000 (БРНПО ПМ, Минск), что позволило снизить удельную металлоемкость, а также обеспечить требуемые габаритные размеры при одновременном обеспечении заданных технических и эксплуатационных характеристик.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Дальнейшее повышение технико-экономических показателей работы толстолистовых станков неразрывно связано с необходимостью со-

вершенствования технологических и конструктивных параметров соответствующего механического оборудования.

2. Применительно к условиям реализации процесса профилирования на толстолистовых прокатных станах разработан комплекс математических моделей и программных средств на основе которых уточнены исходные данные на проектирование данного процесса. Применительно к ТЛС 2800 ЧерМК установлено, что требуемая скорость ГНУ должна быть не менее 15 мм/с, ускорение не менее 80 мм/с², при этом скорость прокатки при профилировании должна находиться в диапазоне 0,2...0,35 м/с.

3. Применительно к кинематическим параметрам на основе метода верхней оценки разработан комплекс численных моделей, позволяющих прогнозировать поведение свободных концов в зависимости от степени геометрической и кинематической асимметрии. Установлен диапазон взаимных компенсаций данных параметров и уточнены исходные данные на проектирование систем управления приводами.

4. Уточнена количественно и расширена качественно имитационная модель процесса горячей прокатки на толстолистовых станах, позволяющая прогнозировать продольную и поперечную разнотолщинность во всем диапазоне возможных условий реализации.

Установлено, что наиболее существенным фактором, влияющим на точность геометрических характеристик готового проката, является нестабильность исходных температур подката.

Применительно к стану 2250 (АМК) выявлена целесообразность замены чистой рабочей клетки, что обеспечит снижение разнотолщинности листов на 30-40%. Дальнейшее повышение точности в 2-3 раза может быть обеспечено за счет использования систем автоматизированного регулирования по температуре и толщине.

Разработано математическое обеспечение систем автоматизированного регулирования толщины, обеспечивающее одновременное снижение разнотолщинности в партии листов и поперечной разнотолщинности готового металлопроката.

5. Применительно к наиболее металлоемкому узлу станин рабочих клеток прокатных станов уточнена методика расчета напряженно-деформированного состояния и разработан комплекс программных средств по автоматизированному проектированию основных конструктивных параметров. Установлено, что оптимальным, как с точки зрения максимума жесткости, так и с точки зрения условия равнопрочности, является соотношение толщины поперечин и стоек H_1/H_3 в диапазоне

2,5 ... 3,0. Получены рекомендации по оптимальной форме поперечного сечения стоек станины с точки зрения максимума обобщенного модуля жесткости, а также минимума действующих в узле станин напряжений применительно к прокатным станам различного назначения.

6. Результаты работы внедрены:

при разработке проектов реконструкции станов 2250 (Алчевский металлургический комбинат, г.Алчевск) и 2800 (Череповецкий металлургический комбинат, г.Череповец);

при разработке технического предложения на проект реконструкции стана 3600 (Польша);

при разработке технического проекта реверсивного и дрессировочного станов 1400 ("Серп и молот", г.Москва);

при проектировании и опытно-промышленной эксплуатации механического оборудования специализированного комплекса, включающего стан 500 для прокатки многослойных полиметаллических композиций и прессовую машину ПМ-6000 (Белорусское республиканское научно-производственное объединение порошковой металлургии, г.Минск);

Экономический эффект от внедрения результатов работы за счет уменьшения количества обрести переднего и заднего концов раскатов составил, с учетом долевого участия автора, 96,96 тыс.руб. в ценах 1989 г.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В СЛЕДУЮЩИХ ПЕЧАТНЫХ РАБОТАХ:

1. Математическое моделирование механических свойств металла при прокатке широких листов и полос/В.Ф.Потапкин, А.В.Сатонин, В.Н.Демин, С.В.Лучанинов// Оптимизация металлосберегающих процессов при обработке металлов давлением.- Ростов-на-Дону, 1989.-С.147-152.

2. Математическое моделирование и оптимизация технологических режимов холодной прокатки тонких полос/ А.В.Сатонин, В.И.Штак, В.Г.Пашков, С.В.Лучанинов// Совершенствование процессов и машин обработки металлов давлением.-Киев, 1988.- С.114-123.

3. Прогнозирование показателей качества готового проката на основе методов статистического моделирования/ А.В.Сатонин, С.В.Лучанинов, Л.М.Белкин, В.Н.Демин// Разработка и исследование высокоэффективных технологических процессов, оснастки и оборудования. Обработка металлов давлением.-Киев, 1990.-С.82-90.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

4. Автоматизированный р... бочих клетей прокатно-отдело...
кин, С.В. Лучанинов и др.: Крамат.инд.ин-т. - 24с. Библиогр. 9
назв.-Рус.-Деп. в УкрНИИТИ.-10.09.90 -№1584- Ук.90.

5. Разработка программных модулей по расчету и проектированию
узлов станин стана холодной прокатки/ С.В.Лучанинов, В.С.Севастья-
нов, С.Е.Коцаренко, В.Г.Пашков// Тез.докл. Всесоюз. науч.-техн.
конф. "Новые технологические процессы прокатки, как средства интен-
сификации производства и повышение качества продукции". 23-25 мая
1989г. - Челябинск,1989.-С.129-130.

6. А.с. 1669643 СССР, МКИ³ В21В 19/04. Дисковые кромкообразные
ножницы/ В.М.Фендриков, В.В.Лучанинов, С.В. Лучанинов (СССР).-
№4497350/27; Заявл.24.10.88- Опубл. 15.08.91.Бюл.№30// Открытия.
Изобретения. -1991.-№30.-С.64.

7. А.с. 1722629 СССР, МКИ³ В21В 13/00с 31/04. Устройство для
изменения жесткости рабочей клетки прокатного стана. /В.Ф.Потапкин,
В.И.Шпак, В.С.Севастьянов, С.В.Лучанинов (СССР). -№4789183; Заявл.
05.02.90; Опубл. 30.03.92, Бюл. №12 4/ Открытия. Изобретения.
-1992. -№12.-С.56.

Ответственный за выпуск Лучанинов С.В.

Формат бумаги 60*90 I/16. Объем I печ. лист. Заказ № 50
Тираж 100 экз. Бесплатно. Подписано к печати 6. апреля 1993г.

Отпечатано на ротапринтере Национального центра производительности
343900, г.Краматорск, ул.Румянцева, 4

