**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**Институт физико-технических проблем и материаловедения им. Ж.Жеенбаева**

**Министерство образования и науки кыргызской республики**

**Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова,**

**Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Ельцина**

Диссертационный совет Д. 05.11.034

На правах рукописи

УДК: 621.771.06+669.056

**Бекмуханбетова Шолпан Ахметбаевна**

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОКАТНОГО СТАНА И РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ТОНКИХ ПОЛОС**

Специальность **05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими**

**процессами и производствами**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

**Бишкек - 2012**

Работа выполнена в Казахском национальном техническом университете имени К.Сатпаева.

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор

Машеков С.А.

(КазНТУ им. К.Сатпаева)

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор,

Заслуженный деятель науки КР

Муслимов А.П.

(КГТУ им. И.Раззакова)

кандидат технических наук, доцент

Глазунов Д.В.

(КРСУ им. Б.Ельцина)

**Ведущая организация:** ЦентральноАзиатский университет

(г. Алматы, Казахстан)

Защита состоится « 17 » марта 2012 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д.05.11.034 при Институте физико-технических проблем и материаловедения им. Ж.Жеенбаева НАН КР, Кыргызском государственном университете им. И.Раззакова и Кыргызско-Российском Славянском университете им. Б.Ельцина по адресу: г. Бишкек, 710072, проспект Чуй, 265-а, центральный корпус НАН КР.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Автореферат разослан « 14 » февраля 2012 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета,

кандидат физико-математических наук Алиферов В.В.

**ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы.** Горячекатаная полоса, в том числе тонкая, является одним из основных видов металлопродукции. Производство горячекатаных полос, являясь энерго-, капитало- и ресурсоемким производством в черной металлургии, в значительной степени определяет технико-экономические показатели металлургического предприятия. При этом, современное производство тонкой полосы на непрерывных станах горячей прокатки (НСГП) характеризуется стремлением к увеличению производительности и высокими требованиями к качеству поверхности проката. Основными направлениями совершенствования производства тонкого горячекатаного листа являются: оснащение цехов новым высокопроизводительным оборудованием, улучшение качества поверхности и повышение точности их размеров, улучшение механических свойств материала листов путем применении автоматизации и управления технологического процесса, технологии контролируемой прокатки, повышение производительности станов и агрегатов, увеличение выхода годного продукта, снижение издержек производства.

В настоящее время для различных отраслей промышленности активно разрабатывают листовые стали с покрытием, позволяющим использовать их в неокрашенном состоянии. Поэтому в производстве приборов в последние годы начали применять листовую сталь с предварительно нанесенным лакокрасочным покрытием, которая должна хорошо штамповаться в окрашенном состоянии, иметь стойкость к поверхностным дефектам и к загрязнению. Поэтому задачи, связанные с решением вышеперечисленных проблем при производстве тонколистовой стали являются актуальными. Они могут быть решены путем разработки и практического освоения новых станов и технологических способов прокатки листового металла с автоматическим управлением его качества.

**Связь темы диссертации с государственными программами**. Работа выполнена в рамках научно-технической программы № 723 УГМ.09 «Новые технологии для углеводородного и горно-металлургического секторов и связанных с ними сервисных отраслей». Направление 3: «Разработка и освоение новых конкурентоспособных и экологически чистых обогатительных и металлургических технологий, обеспечивающих комплексную и глубокую переработку минерального и техногенного сырья цветной и черной металлургии и получение современных материалов на основе металлов Казахстана». Тема 3.3: «Новые материалы на основе металлов и технологии их производства и обработки». Раздел 3.3.2: «Разработка новых конкурентоспособных технологий обработки готовых изделий из металлов и сплавов, а также технологий нанесения покрытий», а также в рамках госбюджетной тематики в соответствии с координационным планом научно-исследовательских работ Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева.

**Цель работы:** Разработка автоматических систем регулирования скорости прокатки и усилии прижимов нового прокатного стана, рациональных температурно-деформационных режимов контролируемой прокатки.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

1. Разработка автоматических систем регулирования скорости прокатки и усилия прижимов нового стана: принципиальных схем, математических моделей и исследования их статических и динамических характеристик.
2. Изучение зависимости механических свойств, а также структуры подложек и покрытий горячекатаных и холоднокатаных полос от шероховатости валков нового прокатного стана.
3. Разработка рациональных температурно-деформационных режимов контролируемой прокатки на новом стане и исследование их влияния на структуру и свойства сталей.
4. Изучение закономерности влияния шероховатости горячекатаных и холоднокатаных полос на трещиностойкость покрытия.

**Научная новизна:**

В работепредставлены результаты решения проблем по совершенствованию технологии производства горячекатаных листов, позволяющие повысить качество продукции.

1. Впервые разработана оригинальная конструктивная схема прокатного стана с автоматическим регулированием скоростью проката и усилий прижимов валков, их математические модели и алгоритмы расчета основных параметров, позволяющие решать вопросы их проектирования.
2. Впервые установлены закономерности влияния режимов обжатия и охлаждения на изменение структуры и свойства стали 08кп при прокатке горячекатаных тонких листов на новом стане.
3. Впервые выявлен рациональный микрорельеф горячекатаной тонкой листовой стали (шероховатость поверхностипорядка *Ra* = 0,06÷0,08 мкм), идущей на эмалирование и нанесение качественного покрытия;
4. Впервые разработана методика определения силы адгезии лакокрасочного покрытия, установлены закономерности влияния шероховатости горячекатаных и холоднокатаных полос на трещиностойкость покрытияи усилие разрыва образцов с лакокрасочным покрытием.

**Практическая значимость работы.**

На основе проведенных исследований разработана новая конструктивная схема стана с автоматическим регулированием режимов прокатки горячекатаных полос для получения изделий требуемого качества (патент на изобретение № 24533 от 15.09.2011 г.). Разработана установка для определения силы адгезии в условиях, соответствующих условиям эксплуатации изделий (патент на изобретение № 24367 от 15.08.2011 г.). Предложены рекомендации по использованию полученных результатов в производстве и учебном процессе.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

1. Оригинальная конструктивная схема прокатного стана с автоматическим регулированием скорости проката и усилий прижимов валков, их математические модели и алгоритмы расчета основных параметров, позволяющих решать вопросы их проектирования.
2. Закономерности влияния режимов обжатия и охлаждения на изменение структуры и свойства стали 08кп при прокатке горячекатаных тонких листов на новом стане.
3. Рациональный микрорельеф горячекатаной тонкой листовой стали (шероховатость поверхностипорядка *Ra* = 0,06÷0,08 мкм), идущей на эмалирование и нанесение качественного покрытия;
4. Методика определения силы адгезии лакокрасочного покрытия; закономерности влияния шероховатости горячекатаных и холоднокатаных полос на трещиностойкость покрытияи усилие разрыва образцов с лакокрасочным покрытием.

**Личный вклад соискателя.** Основные результаты, изложенные в диссертации, получены автором лично, анализ полученных данных проведен самостоятельно, с учетом имеющихся в литературе сведений. Личный вклад автора заключается в непосредственном участии на всех этапах работы: при постановке конкретных задач; выборе методик исследований; подготовке материалов и образцов для проведения экспериментов; проведении экспериментов; обработке и обсуждении результатов исследования; написании статей по теме диссертации; подготовке заявок на изобретения.

**Апробация результатов диссертации.** Основные результаты и отдельные положения диссертационной работы докладывались и были одобрены на научных семинарах, научно-технических конференциях и международных конференциях: КазНТУ им. К.Сатпаева (г. Алматы, 2009 г.), КБТУ (г. Алматы, 2010г.), КазНТУ им. К.Сатпаева (г. Алматы, 2010 г.), КазНТУ им. К.Сатпаева (г. Алматы, 2011 г.), МИСиС (г. Москва, 2011 г.), КБТУ (г. Алматы, 2011 г.).

**Публикация результатов исследований.** По результатам исследований опубликовано 17 печатных работ. Получены 2 патента Республики Казахстан.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, выводов и списка использованных источников, включающего 100 наименований. Объем диссертации – 160 страниц машинописного текста, 83 формулы, 20 таблиц, 67 рисунков.

**ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследований, отражены научная новизна и практическая ценность.

**Первая глава** посвящена анализу проблем и перспектив технологии листовой прокатки. Рассмотрены основные направления совершенствования непрерывной разливки и прокатки стали, тенденции улучшения конструкции НСГП, технологические способы предупреждения образования дефектов и повышения качества при горячей прокатке тонких полос, основные направления улучшения производства горяче- и холоднокатаных тонких полос.

**Во второй главе,** с целью повышения производительности и качества получаемых листов, а также уменьшения энергосиловых параметров, предлагается стан новой конструкции для прокатки горячекатаных тонких полос из сталей и сплавов. Стан содержит рабочие клети, электродвигатель, муфту, опорные неприводные валки, рабочие приводные валки, станину, опорную плиту, анкерные болты. Имеющие от одного двигателя переменного тока приводы клети содержат рабочие и опорные валки постоянного диаметра, а в последовательно расположенных клетях диаметр рабочих валков уменьшается в направлении прокатки, соответственно, диаметр опорных валков увеличивается. При этом вращение валков осуществляют через общую цепную передачу, индивидуальную муфту и накрест лежащие диаметром одинаковые колеса и шестерни, имеющие зубчатую передачу, а диаметры рабочих и опорных валков определяют по формуле, соответственно:

; ; (i = 1, 2, …, N; j = N,…2, 1),

где *hi*, *hj* – толщина прокатываемой полосы в *i* или *j* клети; *ni* и *nj* – частота вращение валков *i* или *j* клети; *N* – порядковый номер клети; *si* и *sj* – опережение на выходе из валков *i* или *j* клети.

В предлагаемом стане горизонтальные оси верхних и нижних валков первых трех клетей без нажимного механизма смещены от оси прокатки в вертикальном направлении на величину где *Dpi* − диаметр новых рабочих валков *i*-той клети, мм; *k*п − коэффициент переточки; *бi* − допускаемый угол захвата для валков *i*-той клети.

Необходимо отметить, что диаметры делительной окружности колес каждой клети изготовлены равными диаметру рабочих валков соответствующей клети, а заданное расстояние между рабочими валками от одной клети к другой увеличено на величину опережения.

Для выбора рационального температурно-деформационного режима прокатки тонколистовой стали на стане новой конструкции были проведены эксперименты в лабораторных условиях. Эксперименты проводили на предлагаемом стане. При проведении экспериментов в качестве материала заготовки использовали сталь 08кп. Заготовки размером 4х150х500 мм нагревали в печи со скоростью 20 оС/мин до температур, представленных в табл. 1 и выдерживали при этой температуре 30 мин. Общее время аустенизации (≈ 40 мин) обеспечивало полную гомогенизацию аустенита. При проведении данного эксперимента варьировали режимы обжатия, температуру нагрева Тн, время охлаждения на воздухе фв и время принудительного водяного охлаждения фпр (см. табл. 1). В процессе прокатки и в периоде охлаждения измеряли температуру.

Таблица 1-План эксперимента

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | Тн  оС | Единичное обжатие в клети № | | | | | фв  с | фпр  с | фв  с |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12 | 1100  1100  1100  1000  1000  1000  900  900  900  850  850  850 | 20  20  20  20  20  20  20  20  20  20  20  20 | 20  20  20  20  20  20  20  20  20  20  20  20 | 15  20  20  15  20  20  15  20  20  15  20  20 | 15  15  20  15  15  20  15  15  20  15  15  20 | 15  10  5  15  10  5  15  10  5  15  10  5 | 8  8  8  5  5  5  2  2  2  0  0  0 | 4  4  4  4  4  4  4  4  4  4  4  4 | 8  8  8  8  8  8  8  8  8  8  8  8 |

После проведения эксперимента вырезали образцы для структурного исследования и оценки механических свойств. Шлифы для металлографического исследования готовили по традиционной методике на шлифовальных и полировочных кругах. Для травления образцов был использован раствор азотной кислоты в этиловом спирте.

Результаты исследования распределения температур после прокатки в каждой клети показали, что температура полосы при переходе от одной клети к другой падает, при этом, с понижением температуры нагрева, прокатка в последних клетях заканчивается в аустенитно-ферритной или ферритной областях.

На основе полученных результатов экспериментального моделирования установлено, что:

1. Структура металла опытных образцов, т.е. величины зерен феррита, деформированных и охлажденных с различными режимами, изменяется в пределах от 18 до 30 мкм (№ 7 – 9), а выделения избыточного цементита не превышают балла 3;

2. Наиболее равномерное зерно, из-за протекания в структуре металла динамической рекристаллизации, формируется в тех случаях, когда прокатка заканчивается в однофазной аустенитной области (варианты 1, 2 и 3). В этом случае однородная структура соответствует баллам 8 – 9;

3. В вариантах 4 - 12, когда деформацию заканчивают в двухфазной области, структура характеризуется так же однородностью. В этом случае структура соответствует баллам 7 – 8;

4. После окончания прокатки в двухфазной области есть возможность без охлаждения на воздухе, принудительно охлаждая в воде, добиться требуемой однородной структуры горячекатаного тонкого проката.

Формирование однородной структуры связано с тем, что при прокатке в предлагаемом стане деформация по толщине полосы распределяется равномерно. Причиной равномерности распределения деформации является то, что при прокатке в первых клетях, где установлены валки сравнительно большого диаметра, деформация сосредотачивается в центральных зонах деформируемой полосы, а при прокатке в последних клетях, где установлены сравнительно малые по диаметру валки, деформация сосредотачивается на поверхности прокатываемой полосы. При этом, суммарная деформация распределяется равномерно.

Для изучения кинетики сфероидизации пластинчатого перлита заготовки, прокатанные и охлажденные по вариантам 1 – 12 (см. табл. 1) отжигали при температуре 600 оС в течение 1, 3, 5 и 10 ч.

Исследование структуры металла опытных образцов, охлажденных с различными режимами, показало, что величина зерна феррита изменяется в пределах от 18 до 30 мкм (№ 7 – 9). При всех вариантах охлаждения образцов разнозернистость не обнаружена.

При нагреве некоторых образцов до температуры 1000 и 1100о С образовывался крупнозернистый аустенит. Крупнозернистый аустенит более устойчив и, поэтому, при охлаждении превращается в феррит уже не по диффузионному механизму с образованием равноосных зерен феррита, а по сдвиговому, с образованием более или менее выраженной видманштеттовой структуры.

Таким образом, высокая температура начала душирования (см. табл. 1, варианты 1 – 6), и связанная с этим большая скорость охлаждения, способствуют образованию на поверхности образца видманштеттовой структуры с игольчатым ферритом и прослойками перлита.

В ходе исследования установили, что для обеспечения в деформируемой полосе однородной мелкозернистой структуры и малой толщины видманштеттовой структуры необходимо производить прокатку на новом стане ниже температуры 900 оС.

С целью оценки влияния условий охлаждения рулона исследовали кинетику структурных превращений горячекатаной стали 08кп в температурном интервале смотки полос в рулоны. Для этого образцы, охлажденные по режимам 1 – 12 (см. табл. 1)отжигали при температуре 600 оС в течение 1, 3, 5, 10 ч.

Результаты проведенного отжига позволили установить, что в тонких полосах, прокатанных по вариантам 1 – 6, за 1ч - 10ч отжига, зерна феррита вырастали менее, чем на 1 балл, причем равномерно. При этом, в полосах, прокатанных по вариантам 7 – 12, из-за равномерного наклепа металла и прохождения рекристаллизации в процессе отжига, размер зерна уменьшился на 1 – 2 балла.

В процессе отжига металла при температуре 600 оС за 10 ч, в результате деления цементитных пластин перлита на части с последующей их коагуляцией и коалесценцией, образовывался структурно свободный цементит балла 0 ч 1. Глобули цементита, размером до 1 ч 3 мкм, располагались, преимущественно, по границам ферритных зерен. Цементитной сетки по границам не обнаружено.

Степень полноты превращения *е* пластинчатого цементита в глобулярный (сфероидизированный) определяли по количеству *N* пластинчатого перлита в структуре отожженного образца, по сравнению с исходной (до отжига) долей перлита, тогда .

По измеренным экспериментальным данным следует, что зерно с исходным размером = 18 ч 30 мкм при охлаждении рулона от 600 оС вырастает не более чем на  = 0,4 ч 1,2 мкм. При таких же условиях охлаждения рулона превращение пластинчатого цементита в глобулярный не завершается (*е* = 40 ч 60 %). Отсюда следует, что изменение механических свойств горячекатаного металла в рулоне в основном связано со сфероидизацией цементита.

На основе полученных результатов установлено, что:

1. Прокатка полосы в аустенитно-ферритной или ферритной областях и охлаждение в течение 1 ч. приводят к измельчению структуры металла, при этом видманштеттовая структура не образуется.
2. Прокатка тонких полос в аустенитно-ферритной или ферритной областях позволяет охлаждать полосы во время прокатки, что дает возможность получать требуемую структуру путем использования только принудительного водяного и воздушного охлаждения.
3. При прокатке тонких полос, а тем более, при их прокатке по режимам бесконечной прокатки, поддержание высокой температуры конца прокатки энергетически невыгодно, а при прокатке тончайших полос это просто невозможно за счет простого повышения исходного теплосодержания тонких слябов или подкатов. Поэтому, рекомендуется прокатку начинать при температурах аустенитной области, при этом, верхней границей температуры конца прокатки должна являться допустимая ферритная зона.
4. Требования к температуре смотки полос определяются, с одной стороны, требованиями к физико-механическим характеристикам готовой полосы, а с другой – стремлением получить легко травимую (удаляемую) окалину и максимальным снижением потерь металла с окалиной. В связи с этим, считаем, что для создания условий формирования требуемых физико-механических свойств приоритетной является прокатка в интервале температур 700 –1000оС.
5. При аустенитно-ферритном или ферритном окончаниях прокатки полосу следует сматывать при температурах 600 – 650 °С. В этих условиях в низкоуглеродистых сталях происходит полная стабилизация углерода путем связывания его в карбиды и их сферодизацией, что обеспечивает низкий предел текучести.
6. Исследованиями механических свойств установили, что структурные особенности образцов, охлажденных различными режимами, находят свое отображение в механических свойствах. Снижение температуры нагрева и температуры начала душирования ведет к уменьшению предела текучести, временного сопротивления и твердости. Наоборот, при повышении температуры нагрева и температуры начала душирования наблюдается повышение предела текучести, временного сопротивления, твердости на соответствующем уровне.

Представлено математическое описание механической системы нового стана. Данная система позволила провести исследование и анализ динамических характеристик, необходимых для синтеза системы управления приводами прокатных клетей предлагаемого стана.

Математическое описание механической системы можно использовать в следующей последовательности:

- измерение удельного натяжения с помощью бесконтактных датчиков, и толщины прокатываемой полосы между клетями, с помощью рентгеновских и радиоизотопных измерителей толщины, охватывающих диапазон толщин от 2 мкм до 12 мм.

- используя ЭВМ, рассчитать энергосиловые параметры прокатки, по предлагаемой в главе 2 методике, и регулирования толщины полосы на непрерывном стане горячей прокатки новой конструкции. Для регулирования толщины полосы необходимо использовать систему автоматического регулирования профиля и формы полосы (САРПФ). Принцип действия системы основан на противоизгибе валков на величину, обеспечивающую устранение коробоватости и волнистости полосы. Сигналы от ЭВМ и от бесконтактных датчиков удельного натяжения, расположенных на выходе раската из клети, поступают на вход блока усиления и логической обработки полосы, где происходит их усиление и сравнение в соответствии с заданным алгоритмом;

- расчет параметров процесса прокатки и моментов приводного двигателя клетей и, по сформированным сигналам, регулирование скоростного режима непрерывной группы клетей стана новой конструкции;

- расчет параметров процесса прокатки и, по сформированным сигналам, регулирование скоростного режима четвертой и пятой клетей нового стана за счет передвижения конусообразных колес и шестерен гидроприводным агрегатом (в четвертой и пятой клетях колеса и шестерни сделаны с малой конусностью).

**В третьей главе** разработаны две оригинальные автоматические системы управления режимами прокатки: скоростью прокатки и усилием прижимного механизма, позволяющие существенно улучшить качество изготовления горячекатаной листовой полосы; разработаны математические модели автоматических систем и алгоритмы расчета основных массо-геометрических и режимных параметров, необходимых для конструирования автоматизированного прокатного стана.

Основными параметрами прокатного стана для изготовления тонких стальных листов, влияющими на их качество, являются скорость прокатки и усилия прижимных механизмов.

Колебания значений этих параметров существенно сказываются на точности геометрических размеров и физико-механических свойствах листа.

В связи с этим, возникают задачи по стабилизации скорости прокатки и усилии прижимов в технологическом процессе изготовления стальных листов, которые могут быть решены разработкой соответствующих автоматических систем регулирования вышеназванных параметров, независимо от возмущающих воздействий на объект регулирования.

На рис. 1. представлена принципиальная схема автоматического регулирования скорости прокатки на стане.

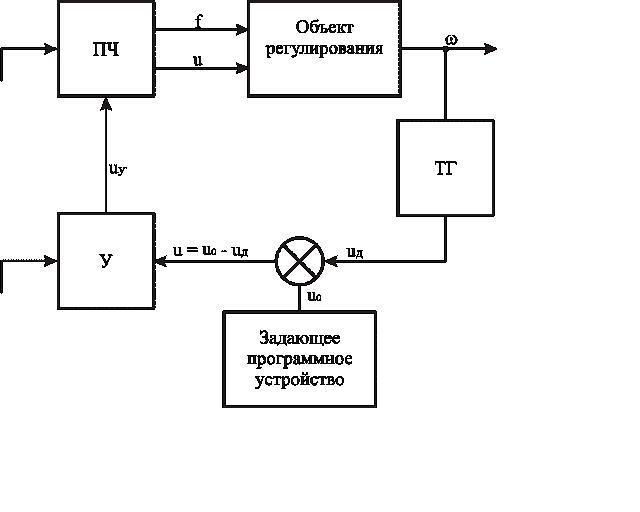


Рис. 1. Принципиальная схема автоматического регулирования скорости прокатки: ПЧ – преобразователь частоты; ТГ – тахогенератор; У – усилитель

Математические модели систем автоматического регулирования и управления, для наглядности, представлены в виде структурных схем. В этих схемах динамические звенья изображают прямоугольниками, в поле которых записывают соответствующие передаточные функции, а связи между звеньями показывают стрелками.

Структурная схема системы показана на рис. 2.

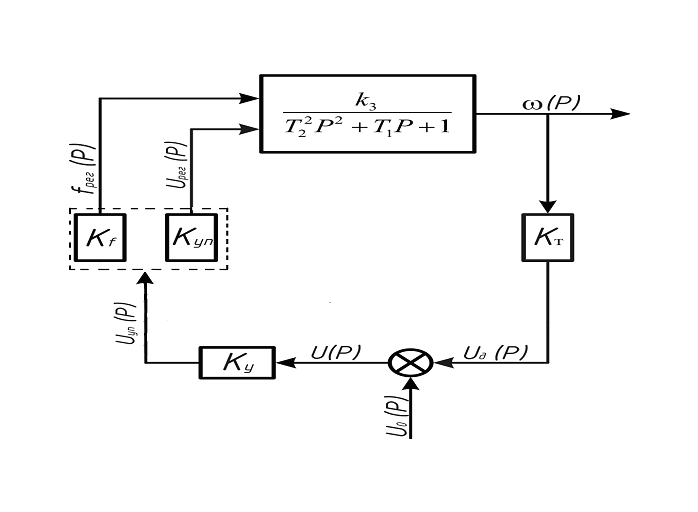


Рис. 2. Структурная схема автоматической системы

Имея математическое описание звеньев системы и ее структурную схему, можно, используя определенные правила преобразования структурных схем, получить передаточную функцию системы.

Все передаточные отношения системы

; ; ;



; .



Общая передаточная функция системы

по частоте ;



по напряжению .



На любую автоматическую систему в процессе функционирования всегда действуют различные внешние возмущения, которые оказывают влияние на нормальную работу. Правильно спроектированная система должна устойчиво работать при всех внешних возмущениях.

В нашем случае система имеет характеристическое уравнение второго порядка. Заменим в характеристическом уравнении временные характеристики числовыми значениями и получим: .



Матрица для этого уравнения:

;



диагональные миноры



.



Для качественного получения листовой полосы на прокатном стане необходима стабилизация усилия прижима валков, независимо от всевозможных возмущающих воздействий на механизм прижима.

На рис. 3. представлена принципиальная схема регулирования и стабилизации усилия прижимного механизма с обратной гидравлической связью.

Автоматическая система регулирования усилия прижимного механизма состоит из следующих элементов:

а) насоса с постоянной производительностью – 1;

б) регулятора расхода – 2;

в) демпфера 3 для сглаживания давления в системе;

г) гидравлического прижимного механизма – 4;

д) редукционного клапана Г57 – 5.

При оснащении автоматической системой прокатного стана следует отметить, что все ее элементы выбираются по расходу и давлению стандартными, кроме оригинальных – регулятора расхода и гидравлического прижимного механизма.

Из структурной схемы видно, что воздействующим инерционным элементом автоматической системы является только регулятор расхода, а остальные элементы по сравнению с названным можно считать безынерционными.

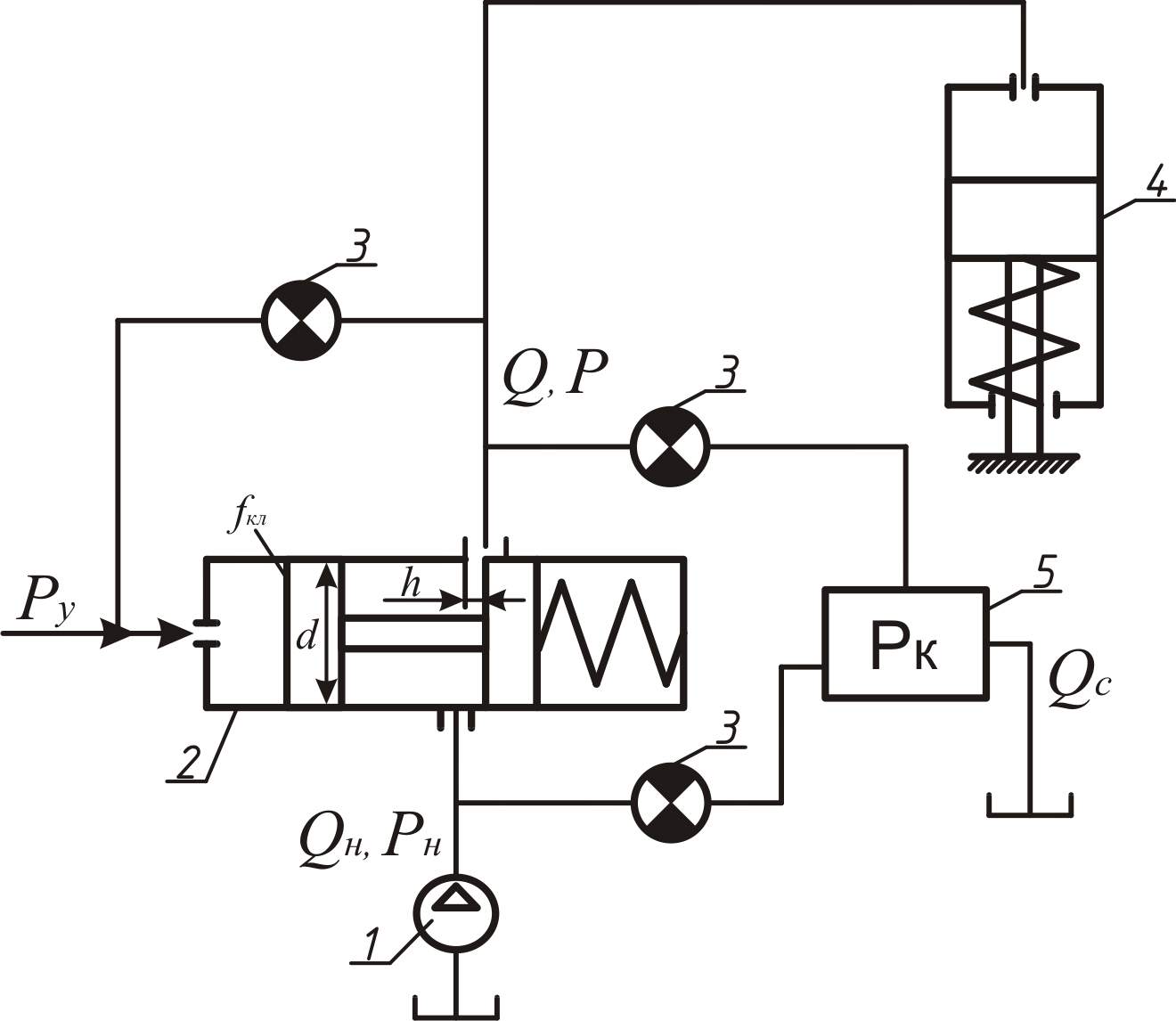


Рис. 3. Принципиальная схема автоматического управления усилия прижимного механизма

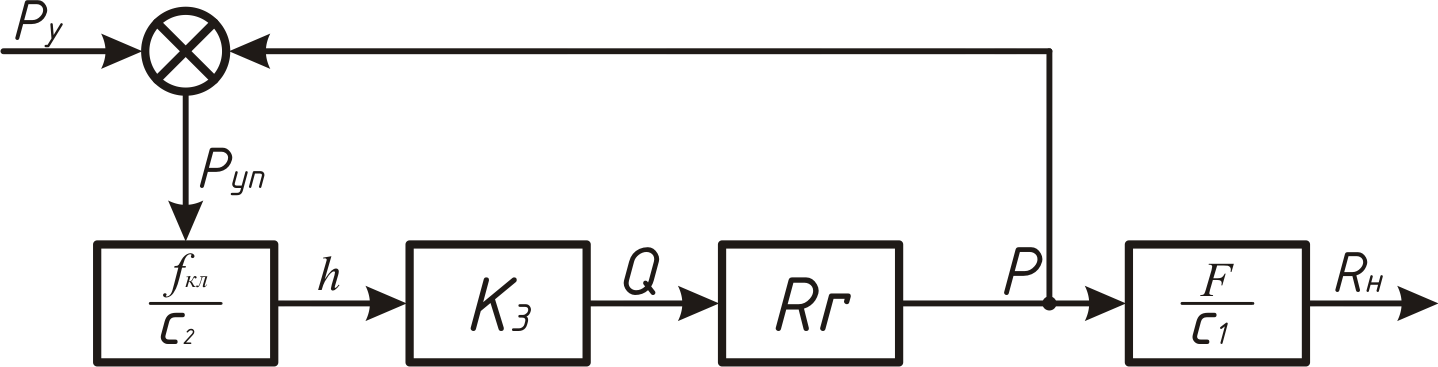


Рис. 4. Структурная схема автоматической системы регулирования усилия прижимного механизма: - внешнее возмущающее воздействие



Для проведения экспериментальных исследований автоматической системы регулирования усилия прижима механизма валков был использован универсальный стенд, разработанный в Кыргызском государственном техническом университете, принципиальная схема которого показана на рис. 5.

В универсальном стенде для проведения экспериментов по исследованию автоматической системы стабилизации давления в механизме прижима была собрана следующая схема, показанная на рис. 6.

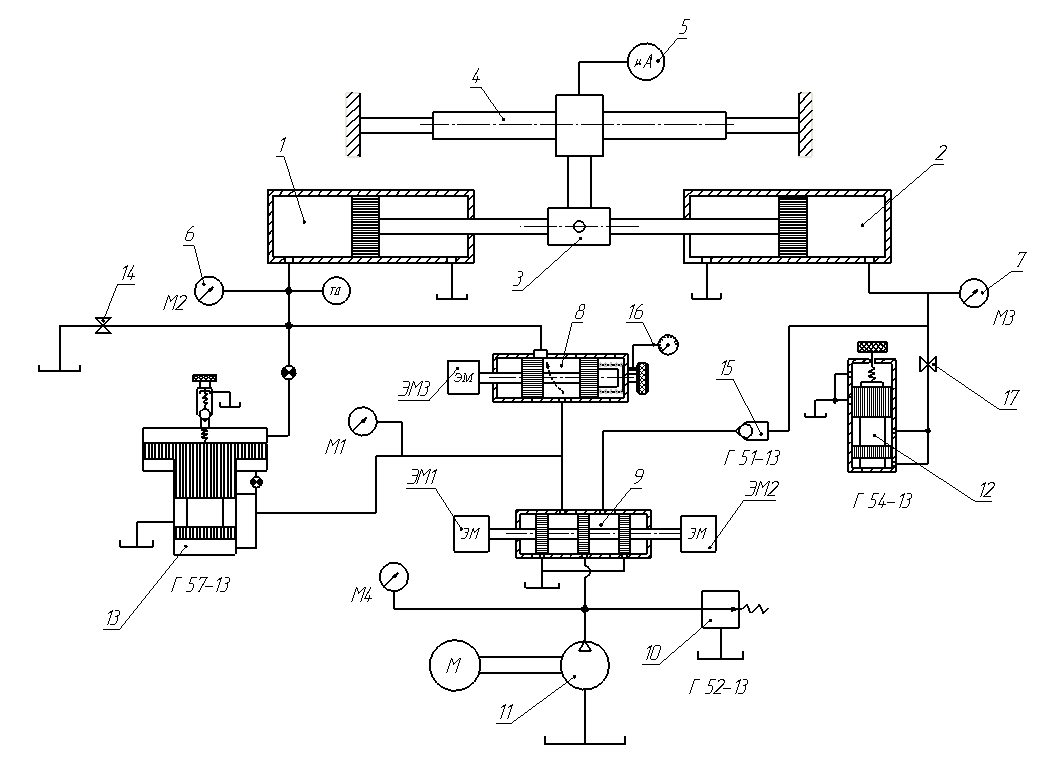


Рис. 5. Схема гидростенда

(описание ее работы приведено в диссертации)

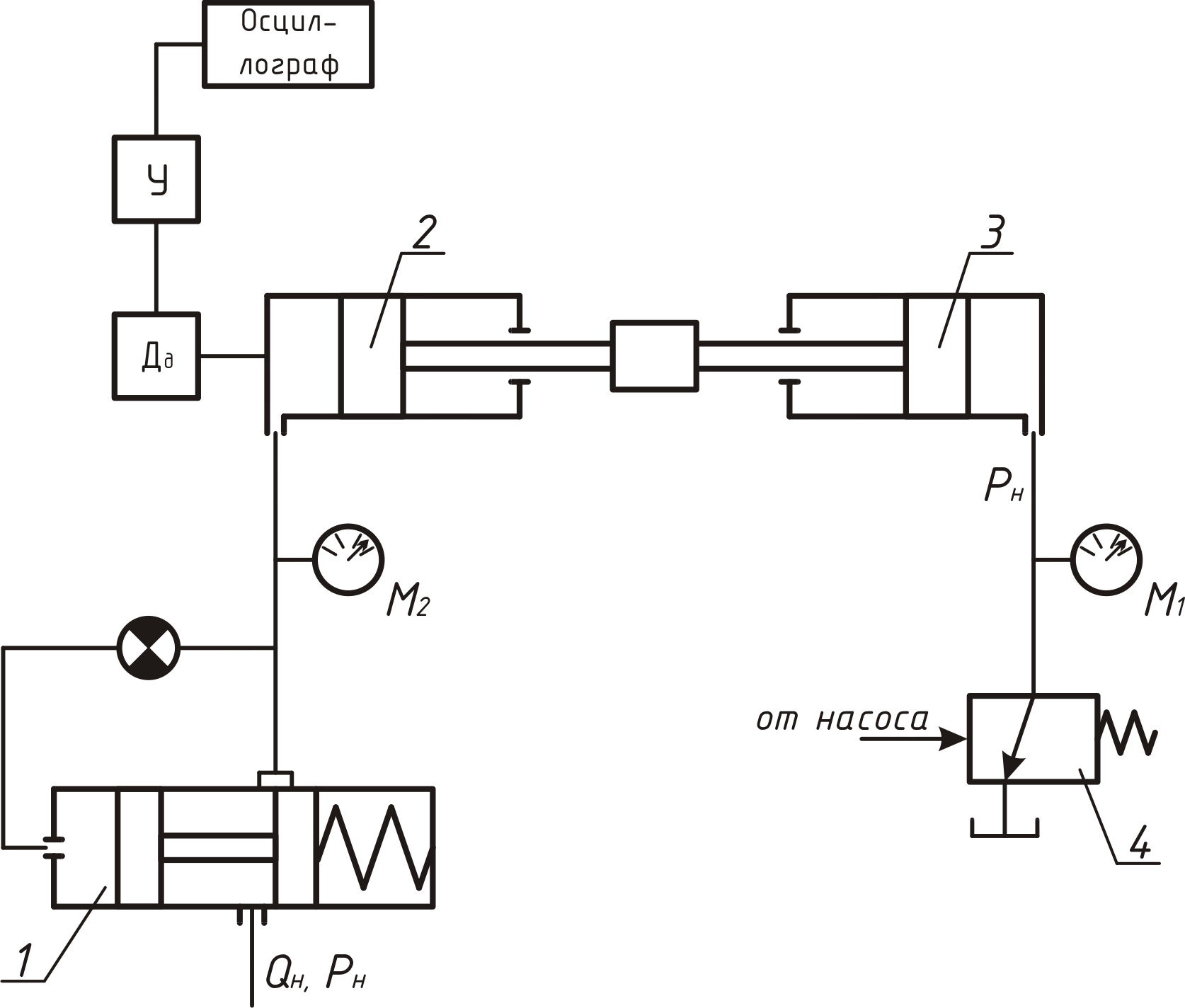


Рис. 6. Принципиальная схема исследования автоматической системы с обратной гидравлической связью: 1 – регулятор расхода; 2 – основной силовой цилиндр; 3 – нагрузочный силовой цилиндр; 4 – напорный золотник для установления нагрузки в основном цилиндре; - тензометрический датчик давления;



У – усилитель сигнала; и - манометры для измерения давления в каналах системы



Обработка данных экспериментов дала в среднем следующие результаты: стабильность усилия прижима – 5%, длительность переходного процесса с, что вполне удовлетворяет требованиям практики.



**В четвертой главе** комплексно исследовано влияние шероховатости поверхности горячекатаных и холоднокатаных полос на структуру и микротвердость покрытий, а также на глубокую вытяжку стали. Полосы с различной шероховатостью получали на непрерывном пятиклетевом стане новой конструкции.

Горячую и холодную прокатку полос из стали 08кп на новом непрерывном стане осуществляли следующим образом. Вырезанные из горячекатаных листов заготовки размером 4х150х500 мм нагревали в электропечи со скоростью 20 оС/мин до температуры 900 оС и выдерживали при этой температуре 30 мин. Для холодной прокатки использовали заготовки размером 2х150х500 мм. Нагретые заготовки подавали в первую клеть непрерывного стана и деформировали с обжатием е = 20, 20, 20, 15, 10 %, а холодные заготовки прокатывали с обжатием е = 15, 10, 10, 5, 5 % в первой, второй, третьей, четвертой и пятой клетях предлагаемого стана, соответственно. При этом в первой, второй, третьей и четвертой клетях установили валки с гладкой поверхностью, а в последней клети – валки с шероховатой поверхностью, а после прокатки каждой заготовки валки в пятой клети меняли на валки другой шероховатости.

Для измерения шероховатости прокатанных полос по стандартной методике использовали прибор профилограф-профилометр 201, а для нанесения покрытий из нитрида титана использовали установку «Булат-ЗТ».

Чтобы получить сопоставимые результаты в различных сериях измерений, время нанесения покрытия было постоянным и равнялось 12 ч.

После нанесения покрытия образцы готовили для структурного исследования и оценки трещиностойкости. Металлографический анализ проведен с использованием микроскопа «МЕТАМ ЛВ-32».

Микротвердость напыленного покрытия измеряли по известной методике на приборе ПМТ-3М при нагрузке на индентор в 2 Н, чтобы не продавливалось тонкое нитридтитановое покрытие. В качестве индентора использовалась алмазная пирамида с углом между гранями 136о. Чтобы получить сопоставимые результаты в различных сериях измерений, время нагружения (10 с) и время выдержки под нагрузкой (10 с) были постоянными.

Коэффициент трещиностойкости определяли на твердомере ТК-2М (нагрузка 1000 Н) как отношение площади разрушенного покрытия вокруг отпечатка алмазного конического индентора к площади «потенциально возможного отслоения» – площади многоугольника, вершинами которого являются концы радиальных трещин.

Проанализировав результаты исследования, сделали выводы о том, что:

- горячекатаные и холоднокатаные полосы с различными шероховатостями имеют одинаковую и равномерно распределенную мелкую плотную структуру, минимальным содержанием капельной фазы, пор, наплывов, отслоений;

- в процессе нагрева подложки горячекатаной стали до температуры 800 оС балл зерна феррита вырос до 7 – 8 балл, при этом из-за деления цементитных пластин перлита на части с последующей их коагуляцией и коалесценцией образовался структурно свободный цементит балла 0 – 1;

- в процессе нагрева подложки холоднокатаной стали до температуры 800 оС балл зерна феррита и номер структурно свободного цементита вырос до 7 – 6 и 1 – 2 балла, соответственно. При этом, в структуре наблюдается наличие деформационных линий;

- микротвердость покрытий изменялась в пределах 20,5 ± 0,01 – 24,7 ± 0,01 ГПа как для горячекатаного, так и для холоднокатаного проката;

- коэффициент трещиностойкости *К*ТР горячекатаного проката равнялся 0,64±0,01, 0,61±0,012, 0,58±0,01, 0,5±30,02, 0,5±10,016, 0,4±70,014, и 0,45±0,012 при шероховатости полос 0,0014, 0,0017, 0,0033, 0,0050, 0,0379, 0,0593 и 0,0814 мкм, соответственно, в то время, как коэффициент трещиностойкости *К*ТР холоднокатаных полос изменялся в интервале 0,78±0,014, 0,750,012, 0,71±0,016, 0,68±0,018, 0,65±0,012, 0,62±0,014, и 0,56±0,01 при шероховатости полос 0,0012, 0,0031, 0,0044, 0,0108, 0,0127, 0,0207 и 0,0382 мкм, соответственно;

- применение горячекатаного проката с большой шероховатостью способствует повышению трещиностойкости покрытия. Это связано с тем, что в горячекатаном металле, из-за прохождения разупрочняющих процессов при прокатке, отсутствуют остаточные напряжения, которые в большинстве случаев приводят к образованию трещин в покрытии в процессе эксплуатации;

- полосы с большей шероховатостью обладают большей прочностью сцепления;

- холоднокатаный прокат, по сравнению с горячекатаным, имеет большую величину коэффициента трещиностойкости. Увеличение величины коэффициента трещиностойкости можно объяснить только упрочнением холоднокатаного проката во время прокатки и появлением остаточного напряжения после прокатки;

- оптимальным микрорельефом горячекатаной листовой стали, идущей на эмалирование и нанесение качественного покрытия, можно считать полосы с шероховатостью поверхностипорядка *Ra* = 0,06 ÷0,08 мкм.

Для проведения испытаний на глубокую вытяжку использовали универсальную испытательную машину на 0,2 МН с пульсатором 0,1 МН типа МУП-20. Процесс глубокой вытяжки оценивали по следующим параметрам: предельному коэффициенту вытяжки (ПКВ), равному отношению наибольшего возможного диаметра заготовки к диаметру пуансона *D*/*d*, при вытяжке без складок или разрывов и максимальному усилию на пуансоне во время вытяжки чашки при ПКВ.

Проанализировав результаты исследования, сделали следующие выводы:

- для горячекатаной заготовки с покрытием, нанесенным на поверхность полосы с шероховатостью 0,0014, 0,0017, 0,0033, 0,0050, 0,0379, 0,0593, 0,0814, максимально достигаемые коэффициенты вытяжки (при штамповке чашек без складок и разрывов) и соответствующие максимальные усилия вытяжки составляют 2,06 (2,04); 2,08 (2,07); 2,10 (2,12); 2,14 (2,14); 2,16 (2,17); 2,18 (2.16); 2,20 (2,18) и 56,7 (55,8); 54,5 (55,3); 52,6 (52,4); 50,4 (50,2); 48,6 (48,7); 46,3 (46,5); 44,3 (44,8) кН (соответственно);

- для холоднокатаной заготовки с покрытием, нанесенным на поверхность полосы с шероховатостью 0,0012, 0,0031, 0,0044, 0,0108, 0,0127, 0,0207, 0,0382, максимально достигаемые коэффициенты вытяжки (при штамповке чашек без складок и разрывов) и соответствующие максимальные усилия вытяжки составляют 1,78 (1,80); 1,84 (1,86); 1,92 (1,93); 1,98 (2,01); 2,06 (2,08); 2,12 (2.12); 2,14 (2,16) и 65,2 (65,8); 64,2 (64,3); 62,9 (62,5); 60,5 (60,7); 58,2 (58,5); 56,2 (56,5); 54,3 (54,8) кН (соответственно);

- полосы с большей шероховатостью обладают хорошей прочностью сцепления, что приводит к уменьшению трения. Уменьшение трения связано с хорошей адгезией покрытий к шероховатым поверхностям и отсутствием трещин на покрытии;

- холоднокатаный прокат, по сравнению с горячекатаным, имеет большую величину усилий вытяжки и малую величину коэффициента вытяжки. Увеличение усилия и уменьшение коэффициента вытяжки можно объяснить упрочнением холоднокатаного проката во время прокатки, появлением трещин на покрытиях во время испытаний и возрастанием коэффициента трения во время глубокой вытяжки.

Также, исследовано влияние шероховатости поверхности горячекатаных и холоднокатаных полос на адгезию лакокрасочных покрытий. При этом, разработали устройство (установку) и методику для определения силы адгезии лакокрасочного покрытия. В разработанной методике определение силы адгезии лакокрасочных покрытий осуществляют путем прямого и наклонного отрыва покрытия.

Подготовку поверхности прокатанных полос на новом стане осуществляли химическим способом по следующей технологии:

1. Обезжиривание поверхности водным раствором NaOH, содержащим специальную добавку (ПАВ);

2. Удаление окалины, ржавчины и других продуктов коррозии с поверхности путем травления в течение 20 – 30 мин 18 – 20 %-ной НСl (при 30 – 40°С), содержащим 1 – 3 % ингибитора кислотной коррозии;

3. Нейтрализация в ванне с раствором фосфорной кислоты (концентрация фосфорной кислоты 8,5 – 9,0 г/л);

4. Пассивирование путем нанесения раствора двухромовокислого натрия (3 – 5 г/л) волосяными щетками при температуре 70 – 80 оС. Продолжительность обработки 1 – 3 мин;

5. Промывка в ванне с проточной водой при температуре 50 – 70 оС и сушка на воздухе.

После подготовки поверхности жидкое лакокрасочное покрытие нанесли на поверхность исследуемого листа с помощью ручного пневматического пистолетообразного краскораспылителя при температуре 40 – 85°С под высоким давлением (200 – 600 кПа) очищенного воздуха.

Для оценки влияния шероховатости поверхности горячекатаных и холоднокатаных полос на адгезию лакокрасочных покрытий из прокатанных и нанесенных покрытий листов вырезали стандартные образцы для испытания на растяжение. Изготовленные образцы испытывали на растяжение при комнатной температуре на универсальной испытательной машине усилием 100 кН до появления первой трещины в лакокрасочных покрытиях. После проведения испытания определяли графическим и аналитическим способами напряжение разрыва лакокрасочных покрытий.

Используя предложенную установку и методику, определяли также влияние шероховатости поверхности горячекатаных и холоднокатаных полос на адгезию лакокрасочных покрытий. Для определения силы адгезии лакокрасочных покрытий из прокатанных с нанесенными покрытиями листов вырезали 14 образцов с различной шероховатостью размерами в плане 100 х 100 мм и толщиной 0,8 мм. Вырезанные образцы испытывали в предлагаемой установке следующим образом.

Опытные образцы закрепляли в установке. Металлические диски, наклеенные на образцы, соединяли через блок с приемным бункером установки. Нагружение осуществляли равномерно со скоростью 4 грамма/с. При этом растяжение металлического диска до отрыва от покрытия, нанесенного на поверхность образцов, осуществляли в направлении, перпендикулярном плоскости покрытия.

Величину силы растяжения, при которой произошел отрыв диска, определяли взвешиванием приемного бункера с грузом. Фиксировали зону и вид разрушения в месте отрыва диска и определяли площадь отрыва.

При отрыве покрытия от металлической поверхности величину адгезии (R), Н/мм2, вычисляли по формуле *R* = *F*/*A*, *F* = P\*g, где *F* – значение силы, при которой произошел отрыв, Н; *А* – площадь отрыва, мм2; *P* – вес приемного бункера с грузом, кгс; g – ускорение свободного падения, 9,80665 м/с2

Проанализировав результаты исследования, сделали следующие выводы:

- усилия разрыва образцов с лакокрасочным покрытием горячекатаного проката равнялись 920,055, 1121,985, 1201,675, 1274,88, 1489,68, 1549,405, и 1621,985 при шероховатости полос 0,0014, 0,0017, 0,0033, 0,0050, 0,0379, 0,0593 и 0,0814 мкм, в то время, как усилия разрыва образцов с лакокрасочным покрытием холоднокатаных полос изменялись в интервале 889,625, 1044,555, 1147,47, 1211,82, 1316,025, 1403,605, и 1453,725 при шероховатости полос 0,0012, 0,0031, 0,0044, 0,0108, 0,0127, 0,0207 и 0,0382 мкм, соответственно;

- средняя величина адгезии *R* лакокрасочного покрытия горячекатаного проката равнялось 286,17, 299,48, 316,27, 327,93, 332,56, 341,41, и 358,34 Н/мм2 при шероховатости полос 0,0014, 0,0017, 0,0033, 0,0050, 0,0379, 0,0593 и 0,0814 мкм, в то время, как средняя величина адгезии *R* холоднокатаных полос изменялась в интервале 257,12, 267,45, 272,72, 284,91, 293,82, 301,34, и 324,91 при шероховатости полос 0,0012, 0,0031, 0,0044, 0,0108, 0,0127, 0,0207 и 0,0382 мкм, соответственно;

- применение горячекатаного проката с большей шероховатостью способствует повышению устойчивости лакокрасочного покрытия. Это связано с тем, что в горячекатаном металле, из-за прохождения разупрочняющих процессов при прокатке, отсутствуют остаточные напряжения, которые в большинстве случаев приводят к образованию трещин в покрытии в процессе эксплуатации;

- полосы с большей шероховатостью обладают большей прочностью сцепления, т.е. напряжение разрыва лакокрасочных покрытий с увеличением шероховатости полос увеличивается. Это связано с хорошей адгезией покрытий к шероховатым поверхностям;

- холоднокатаный прокат, по сравнению с горячекатаным, сравнительно быстро подвергается разрушению. Сравнительно быстрое разрушение холоднокатаных полос с покрытием можно объяснить только упрочнением холоднокатаного проката во время прокатки и появлением остаточного напряжения после прокатки;

- оптимальным микрорельефом горячекатаной листовой стали, идущей на эмалирование и нанесение качественного покрытия можно считать полосы с шероховатостью поверхностипорядка *Ra* = 0,06 ÷0,08 мкм.

Приведены результаты исследования влияния температурно-деформационных режимов прокатки на характер разрушения стали 08кп.

Используя вышеприведенные рациональные температурные режимы контролируемой прокатки, были выполнены эксперименты в лабораторных условиях на стане новой конструкции.

В качестве материала заготовки использовали сталь 08кп. Вырезанные из горячекатаной полосы заготовки размером 4х150х500 мм нагревали в печи со скоростью 20 оС/мин до температур 900, 1000 оС и выдерживали при этих температурах 30 мин. Общее время аустенизации (≈ 40 мин) обеспечивало полную гомогенизацию аустенита. После нагрева производили прокатку. При проведении данного эксперимента варьировали режимы обжатия и измеряли температуру полосы.

После прокатки деформированные полосы охлаждали в воде и, для учета влияния условий охлаждения рулона на качество полос, образцы отжигали при температуре 600 оС в течение 2 ч.

Из тонколистовых сталей, прокатанных по рациональным температурно-деформационным режимам, вырезали образцы для испытания на растяжение. Изготовленные образцы испытывали при комнатной температуре на универсальной испытательной машине усилием 100 кН до разрушения. После проведения испытания исследовали характер разрушения стали 08кп путем фрактографических исследований образцов.

Результаты фрактографических исследований подтвердили ухудшение механических свойств тонких горячекатаных полос, прокатанных сравнительно малыми обжатиями при температурах (800-1000) оС и сравнительно большими обжатиями при температуре прокатки (680-900) оС.

**выводы**

Основные научные и практические результаты исследований состоят в следующем:

1. Разработана новая конструктивная схема автоматизированного прокатного стана, в которой предусмотрены автоматическое управление скоростью прокатки и усилием прижимных механизмов, содержащая принципиальные схемы, математические модели как отдельных, так и в целом систем, позволяющих решать проектные задачи по их реализации в зависимости от типа, размера и материала изделия.
2. Выявлены закономерности влияния режимов прокатки и охлаждения на изменение структуры и свойств сталей при прокатке тонких полос на новом стане.
3. Установлено, что прокатка тонких полос в аустенитно-ферритной или ферритной областях дает возможность получать требуемую структуру путем использования только принудительного водяного и воздушного охлаждения.
4. Выявлено, что при окончании прокатки в аустенитно-ферритной или ферритной областях полосу следует сматывать при температурах 600 – 650 °С и доказано, что в низкоуглеродистых сталях происходит полная стабилизация углерода путем связывания его в карбиды и их сферодизацией, что обеспечивает высокий предел текучести.
5. Доказано, что для обеспечения механических свойств проката из стали 08кп необходимо производить прокатку полос с температурой конца прокатки 800 – 810С, температурой смотки 600 – 610С и охлаждением горячекатаных полос на отводящем рольганге по монотонному режиму без охлаждения на воздухе.
6. Установлено, что покрытие холоднокатаного проката, по сравнению с покрытием горячекатаного, сравнительно быстро подвергается разрушению из-за упрочнения во время прокатки и появления остаточного напряжения.
7. Доказано, что рациональным микрорельефом горячекатаной листовой стали, идущей на эмалирование и нанесение качественного покрытия, является шероховатость поверхностипорядка *Ra* = 0,06÷0,08 мкм.
8. Разработана методика и установка для определения силы адгезии в условиях, соответствующих условию эксплуатации изделий.
9. Фрактографическим исследованием показано, что горячая прокатка с малыми обжатиями при температурах 1000 – 800 оС и сравнительно большими обжатиями при температурах 900 – 680 оС приводит к ухудшению механических свойств тонких горячекатаных полос.

Таким образом, полученные теоретические и экспериментальные результаты работ в диссертации позволяют решить проблемы повышения качества изготовления тонких листовых полос.

**Список опубликованных работ по теме диссертации:**

1. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Проблемы качества и нанесения покрытий листового проката [Текст]/ С.А. Машеков, Ш.А. Бекмуханбетова// Материалы международной научно-технической конференции «Новое в безопасности жизнедеятельности» Алматы. 2009.- 193-195 с.
2. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Современные технологии покрытий для защиты труб [Текст]/ С.А. Машеков, Б.Н. Абсадыков// Материалы третьей международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии» Алматы. 2010. -146-152 с.
3. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Исследование условий охлаждения рулонов на структуру и свойства горячекатаных тонких полос [Текст]/ С.А. Машеков, Ш.А. Бекмуханбетова//Вестник Казахстанско-Британского Технического Университета №2, 2010. Алматы. -68-74 с.
4. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Покрытия из нитрида титана на горячекатаных и холоднокатаных полосах с различной шероховатостью для глубокой вытяжки [Текст]/ Ш.А. Бекмуханбетова//Вестник Казахской Государственной Архитектурно-Строительной Академии №2. 2010. Алматы. -78-82 с.
5. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Влияние условий охлаждения рулонов на механические свойства горячекатаных тонких полос [Текст]/ С.А. Машеков, Ш.А. Бекмуханбетова, М.С. Абдигалиева //Вестник Казахской Академии Транспорта и Коммуникаций им. М.Тынышбаева №4(60) 2010. Алматы. -106-112 с.
6. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Выбор рациональных температурно-деформационных режимов прокатки тонколистовой стали на стане новой конструкции [Текст]/ С.А. Машеков, Ш.А. Бекмуханбетова, У.А. Мурзахметова //Вестник КазНТУ им.И.Сатпаева №4.2010. Алматы. -65-69 с.
7. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Исследование влияния шероховатости поверхности горячекатаных и холоднокатаных полос на структуру и микротвердость покрытий [Текст]/ С.А. Машеков, Ш.А. Бекмуханбетова, У.А. Мурзахметова //Вестник Казахской Государственной Архитектурно-Строительной Академии №3.2010. Алматы. -79-85 с.
8. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Илемдеу режімдерінің құрылымдық сапалы болатты жұқа қаңылтырлы табақшаның микроқұрылымы мен механикалық қасиетіне әсері [Текст]/ С.А. Машеков, У.А. Мурзахметова, Ш.А Бекмуханбетова// Материалы международной научно-технической конференции «Форсированное индустриально-инновационное развитие в металлургии». 2010.Алматы.- 39-43 с.
9. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Исследование влияния шероховатости поверхности горячекатаных и холоднокатаных полос на адгезию лакокрасочных покрытий [Текст]/ С.А.Машеков, Ш.А Бекмуханбетова, М.С. Абдигалиева // Материалы первой международной научно-технической конференции «Новое в станкостроении, материаловедении и автоматизированном проектировании машиностроительного производства». 2010.Алматы. - 164-167 с.
10. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Исследование влияния температурно-деформационных режимов прокатки на характер разрушения стали 08КП [Текст]/ Ш.А Бекмуханбетова// Научный журнал «Вестник КазНТУ» №6, 2011. Алматы.- 74-78 с.
11. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Система автоматического регулирования скоростного режима прокатной клети нового стана горячей прокатки тонких полос с обеспечением минимального натяжения в межклетевых промежутках. (Сообщение 1) [Текст]/ С.А. Машеков, Ш.А. Бекмуханбетова, Е.З. Нугман //«Известия ВУЗов» №3. 2011.Бишкек. -32-37 с.
12. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Система автоматического регулирования скоростного режима прокатной клети нового стана горячей прокатки тонких полос с обеспечением минимального натяжения в межклетевых промежутках (Сообщение 2) [Текст]/ С.А. Машеков, Ш.А. Бекмуханбетова, Е.З. Нугман //«Известия ВУЗов» №3. 2011.Бишкек. -48-52 с.
13. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Конструкция нового стана прокатки горячей прокатки тонких полос с обеспечением минимального натяжения в межклетевых промежутках [Текст]/ С.А. Машеков, Ш.А. Бекмуханбетова, Е.З. Нугман, Г.Ж. Нуржанова//«Известия ВУЗов» №3. 2011.Бишкек. -56-59 с.
14. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Разработка автоматической системы регулирования усилия прижимного механизма стана. [Текст]/Ш.А. Бекмуханбетова //«Известия КГТУ» №23. 2011.Бишкек. -198-203 с.
15. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Разработка автоматической системы управления скоростью прокатки на прокатном стане [Текст]/Ш.А.Бекмуханбетова //«Известия КГТУ» №23. 2011.Бишкек. -192-197 с.
16. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Исследование влияния морфологических особенностей феррита на свойства низкоуглеродистой стали контролируемой прокатки [Текст]/С.А. Машеков,Ш.А. Бекмуханбетова, А.М. Алшынова //Вестник КазНТУ им. И.Сатпаева, №5(87). 2011. Алматы. -23-30 с.
17. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Исследование влияния структуры металла на механические свойства и силу адгезии лакокрасочных покрытий горячекатаных и холоднокатаных полос [Текст]/ С.А.Машеков, Ш.А Бекмуханбетова, А.М. Алшынова // Материалы VI Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии обработки металлов давлением». 2011. Москва. -177-186 с.
18. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Способ определения силы адгезии лакокрасочных покрытий (Патент № 24367 Республики Казахстан). /С.А.Машеков, Ш.А Бекмуханбетова, Е.В. Чумаков// Заявка № 2010/1082.1,27.08.2010. Бюл.№ 8.
19. **Бекмуханбетова, Ш.А.** Непрерывный стан для прокатки тонких полос из стали и сплавов (Патент №24533 Республики Казахстан) /С.А.Машеков, Ш.А Бекмуханбетова, Е.З. Нугман и др.// Заявка №2010/1046,13.08.2010. Бюл.№ 9.

**РЕЗЮМЕ**

Бекмуханбетова Шолпан Ахметбаевна

**«Автоматаштырылган үбөлүктөөчү станды жана ысык үбөлүктөлгөн жука металл тилкелерин жасоонун рационалдуу технологияларын иштеп чыгуу»**

*деген аталыштагы, 05.13.06 – Технологиялык жараяндарды жана өндүрүштөрдү автоматащтыруу жана башкаруу адистиги боюнча,*

*техника илимдеринин кандидаттыгын жактоо диссертация*

**Ачкыч сөздөр:** үбөлүктөө, феррит, аустенит, тордан, стан, кысуучу механизм, рольганг, роликтер, тилке, жука болот, түзүлүш, цементит, перлит.

**Изилдөө объектилери**: болотту ысык жана муздак үбөлүктөө технологиясы, ар түрдүү өлчөмдөгү бодур беттүү жана геометриялык өлчөмдөрү ар башка үбөлүктөр, ар түрдүү режимдерде майыштырылган үлгүлөр жана иштелип чыккан автоматтык система.

**Иштин максаты**: жаңы иштелип чыккан үбөлүктөөчү станда үөлүктөө ылдамдыгын, кысуу күчүркөнүүсүн жөндөө системдерин жана бул станда көзөмөлдөп үөлүктөөнүн рационалдуу температура-майыштыруу режимдерин автоматаштырууну иштеп чыгуу болуп эсептелет.

**Эксперименталдык изилдөөлөр**: Назарияттык изилдөөлөр-уөлүктөө назариятынын ыкмаларына, автоматтык жөндөөгө, майышуучу катуу заттардын механикасына, системдик талдоого, электрондук эсептөө машинесинде математикалык үлгүлөөгө негизделген. КУТУ жана КМТУ базаларында жүргүзүлдү. Металлографиялык талдоо–Carl Zeiss Axiovert–200Mat жана МЕТАМ ЛВ-32 микроскобунун ишке ашырылды. Сурөттөлүштөрдү иштетүү VideoTest– Metall 1,0 программасында жүргүзүлдү.Болот тилкесинин температурасы Testo 925 температура өлчөөчү бир каналдуу прибордо, ал эми механикалык касиеттери – МВ-01М автоматаштырылган жабдыкта өлчөндү.

**Жумушта төмөнкүлөрдөй илимий жаңылыктардан турган натыйжалар алдынды:** үөлүктөө ылдамдыгын жана үөлүктөрдүн кысуу күчүн автоматтык түрдө башкаруучу- үөлүктөөчү стандын өзгөчө бир конструктивдүү түзмөгү иштелип чыкты, алардын негизги параметрлерин эсептөөнүн алгоритмдери, аларды долборлоо маселелерин чечүүгө мүмкүнчүлүк түзгөн математикалык моделдер, жаңы изилденип табылган станда жупка 08КП болотун ысык үөлүктөөдө стандын кысуу жана муздатуу режимдеринин болоттун түзүлүшүнө жана касиеттерине тийгизген таасири аныкталган, сапаттуу каптама жана эмалдоо жүргүзүү үчүн, ысык үөлүктөлгөн жука болоттун рационалдуу микрорельефи табылган, (бетинин бодурлугу Ra=0,06 ÷0,08 мкм). Ысык жана муздак үөлүктөлгөн болоттордун бет бодурлугунун, алардын каптамдарынын жаракага туруштук берүүчүлүгүн жана лак менен капталган үлгүлөрдүн үзүү күчүнүн таасирлерине карата болгон закон ченемдүүлүктөрү аныкталган жана лактап сырдоочу каптамдардын адгезия күчүн аныктоонун усулу иштелип чыкты.

**Колдонуу чөлөөмдөрү.** Изилдөө натыйжаларын Казахстан Республикасынын машине куру жана металлургиялык өндүрүштөрүндө жана ошондой эле окуу жараяндарында дагы колдонууга болот.

**РЕЗЮМЕ**

диссертации Бекмуханбетовой Шолпан Ахметбаевны на тему:

**«Разработка автоматизированного прокатного стана и рациональной технологии изготовления горячекатаных тонких полос»**

*на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами*

**Ключевые слова***:* прокатка, феррит, аустенит, клеть, стан, валки, нажимной механизм, рольганг, ролики, полоса, лист, структура, цементит, перлит.

**Объектами исследования являлись**: технология горячей и холодной прокатки стали, валки с различными геометрическими размерами и шероховатостью, образцы, охлажденные и деформированные при различных режимах и разработанная автоматическая система.

**Цель работы**:разработка автоматических систем регулирования скорости прокатки и усилий прижимов нового прокатного стана и рациональных температурно-деформационных режимов контролируемой прокатки.

**Методы исследований и аппаратура.** Теоретические исследования основаны на использовании методов теории прокатки, автоматического регулирования, механики деформируемого твердого тела, системного анализа, математического моделирования на ЭВМ. Экспериментальные исследования проводились на базе оборудования КазНТУ и КГТУ. Металлографический анализ осуществлялся на микроскопах Carl Zeiss Axiovert-200 Mat и МЕТАМ ЛВ-32 при увеличениях х200, х500 и х1000. Обработка изображений производилась программой VideoТесТ - Metall 1.0. Температуру полосы измеряли одноканальным прибором для измерения температуры Testo 925, а механические свойства – на автоматизированной установке МВ-01м.

**В работе получены следующие результаты и их новизна**: разработана оригинальная конструктивная схема прокатного стана с автоматическим регулированием скорости проката и усилий прижимов валков, их математические модели и алгоритмы расчета основных параметров, позволяющих решать вопросы их проектирования; установлены закономерности влияния режимов обжатия и охлаждения на изменение структуры и свойства стали 08кп при прокатке горячекатаных тонких листов на новом стане; выявлен рациональный микрорельеф горячекатаной тонкой листовой стали (шероховатость поверхности *Ra* = 0,06 ÷0,08 мкм), идущей на эмалирование и нанесение качественного покрытия; разработана методика определения силы адгезии лакокрасочного покрытия и установлены закономерности влияния шероховатости горячекатаных и холоднокатаных полос на трещиностойкость покрытияи усилие разрыва образцов с лакокрасочным покрытием.

**Область применения.** Результаты исследования можно использовать в учебном процессе, а также в машиностроительных и металлургических предприятиях Республики Казахстан.

**THE SUMMARY**

Bekmukhanbetova Sholpan Akhmetbaevna

**"Development of automated rolling mill and rational technology**

**of production of hot-rolled light strip"**

*for competition of scientific degree of candidate of technical sciences on specialty 05.13.06 - Automation and control of technological processes and production*

**Key words***:* rolling, ferrite, austenite, stand, mill, rollers, screw-down mechanism, table, rolls, strip, plate, structure, cementite and pearlite.

**Research objects**: technology of hot and cold rolling of steel, rollers with different geometrical dimensions and roughness, specimen, cooled and formed under different conditions and the developed automatic system.

**Goal of the work**: development of automated systems of control of rolling speed and holdown pressure of new rolling mill and rational temperature and deformational rolling schedule of this mill.

**Research methods and facilities.** Theoretical research based on methods of the theory of rolling, automatic regulation, solid mechanics, system analysis, mathematical computer modeling. Experimental research work done on the base of facilities of Kazakh National Technical University named and Kyrgyzstan State Technical University.

Metallographic analysis was performed on microscopes Carl Zeiss Axiovert-200 andМЕТАМ LВ-32with magnifications of x200 Mat, x500 and x1000. Image processing made by software VideoTesT - Metall 1.0. The temperature of the strip was measured by one-channel thermometric instrument Testo 925 and mechanical properties by automatic plant CF-01M.

**Obtained the following results with scientific novelty**: development of original construction diagram of rolling mill with automatic control of rolling speed and holdown pressure of rolling mills, its mathematical models and algorithms for calculating the basic parameters for problems solving in design, influence pattern of drafting schedules and cooling of structure and properties transformation of steel during the rolling of hot-rolled 08KP thin plates on new rolling mill, found a rational micro-relief of hot thin plate steel (surface roughness *Ra* = 0,06 ÷0,08 mkm) that goes to enameling and quality coating, developed method of testing of adhesive force and paint-and-lacquer coating and the effect of roughness of hot-rolled and cold rolled strips to cover the crack and stress rupture specimens with paint-and-lacquer coating is induced.

**Application.** Results of research can be used in academic process, as well as in engineering and metallurgical enterprises of the Republic of Kazakhstan.

