



**МОСКОВСКИЙ
ПОЛИТЕХ**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский политехнический университет»
(Московский Политех)

Б. Семёновская ул., д. 38, Москва, 107023
Тел. +7 495 223 05 23, Факс +7 499 785 62 24
www.mospolytech.ru | E-mail: mospolytech@mospolytech.ru

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по учебной и научной работе

Ю.М. Боровин

20 11 г.

Печать организации



№ _____

на _____ от _____

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Татару Александра Сергеевича «Исследование и разработка технологии производства горячекатаного высокопрочного автолистового проката из двухфазных ферритомартенситных сталей с заданными показателями механических свойств», представленную в диссертационный совет Д212.132.09 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением»

Актуальность темы диссертации

Горячекатаные двухфазные стали и изготавливаемые из них детали обладают большим потенциалом в области так называемого «облегченного конструирования», который до сегодняшнего дня себя еще полностью не исчерпал. Свойства материала, новые формы деталей, а также учет экономических и экологических особенностей позволяет использовать двухфазные стали в различных областях автомобиле- и машиностроения. Взаимодействие между крупными стале- и автомобильными концернами является демонстрацией технических возможностей успешного применения этих сталей в промышленности.

Типовая технология производства ДФМС включает в себя холодную прокатку и последующую термообработку в агрегате непрерывного отжига (АНО). Однако с точки зрения расширения сортамента в сторону увеличения толщин свыше 2 мм, в качестве альтернативной технологии можно рассматривать процесс производства с использованием горячей прокатки и последующего ускоренного охлаждения перед смоткой полосы в рулон. При применении контролируемого охлаждения с прокатного нагрева может быть получено благоприятное соотношение мягкой (ферритной) и упрочняющей (мартенситной) структур в двухфазной стали, что в свою очередь позволит обеспечить требуемое соотношение прочностных показателей. Для достижения существенного повышения прочностных свойств при хорошей пластичности возможно использование низкотемпературной прокат-

ки на завершающей стадии деформационного режима в условиях непрерывного широкополосового стана.

Исследование и разработку технологии производства автолистового проката из горячекатаных ДФМС необходимо выполнять на основе математических моделей, учитывающих применение систем охлаждения полосы и тепловые процессы фазовых превращений в стали. Разработка математической модели чаще всего осуществляется на базе статистических и экспериментальных исследований по изучению влияния деформационно-скоростных, температурно-временных параметров процесса прокатки и последеформационного охлаждения на структуру и реологические свойства полосового проката.

Содержание диссертации

Представленная на защиту диссертационная работа состоит из введения, пяти основных глав, выводов, списка литературы из 170 наименований. Общий объем работы составляет 278 страниц, в том числе 147 рисунков, 32 таблицы и 10 приложений.

Во введении дано обоснование актуальности диссертационной работы, сформулирована цель и задачи, ее научная новизна, практическая значимость и изложены основные положения выносимые автором на защиту.

В первой главе выполнен аналитический обзор научно-технических публикаций опубликованных за последние годы в сфере применения и производства горячекатаных высокопрочных автолистовых двухфазных сталей. Отмечается, что современные разработки в этой области базируются, прежде всего, на возможностях существующего оборудования. И в связи с этим для получения необходимого уровня свойств используются различные подходы, учитывающие, однако, объективные закономерности формирования структуры и свойств горячекатаных двухфазных сталей. А именно выбор концепции легирования стали и назначения технологических параметров горячей прокатки в линии широкополосового стана (температура конца прокатки, скорость охлаждения, температура скотки и т.д.), при условии соблюдения допустимых нагрузок на прокатные клети. Любой предлагаемый в литературе химический состав для получения ДФМС необходимо корректировать с учетом технологических и конструктивных особенностей НШПС. Рассмотрены основные концепции компоновок отводящих рольгангов и возможностей используемых на них систем ускоренного охлаждения. Выбрана одноступенчатая стратегия охлаждения на отводящем рольганге НШПС 2000 для дальнейшего исследования и разработки технологии производства горячекатаной ДФМС.

Во второй главе представлены объекты и основные методы исследований, стандартные и разработанные методики исследований, а также оборудование при проведении испытаний и измерений в лабораторных условиях, промышленных и полупромышленных экспериментов.

В третьей главе разработана расчетная математическая модель теплового состояния металла на промежуточном рольганге, в чистовой группе клетей и на отводящем рольганге НШПС 2000 ПАО «НЛМК». Математическая модель учитывает применение экранирования раската на промежуточном рольганге, тепловыделение при пластической деформации в чистовой группе и изменение теплового баланса, обусловленное протеканием полиморф-

ного превращения. Проведена адаптация математической модели к условиям НШПС 2000 ПАО «НЛМК». Погрешность расчета температуры конца прокатки и температуры смотки (при стабильной работе пирометра) не превышала 5%.

В четвертой главе представлены результаты физического моделирования процессов горячей деформации и последующего ускоренного охлаждения для исследованных химических составов ДФМС. На основе анализа результатов проведенных дилатометрических исследований предложен новый экономнолегированный химический состав с увеличенным содержанием алюминия, а также разработаны аналитические зависимости позволяющие рассчитывать температуры начала и окончания полиморфного превращения для базового и нового химического состава ДФМС.

Результаты исследований физического моделирования (с использованием установки Hydrowedge II) ступенчатого охлаждения на отводящем рольганге стана 2000 показали, что варьирование температуры конца прокатки фактически определяет изменение последовательности воздушной паузы и позволяет дополнительно воздействовать на количество образовавшегося феррита. На основе проведенных пластометрических исследований разработаны регрессионные зависимости по методике В.И. Зюзина для расчета сопротивления металла деформации применительно к базовому и новому химическому составу ДФМС, а по результатам физического моделирования дробной деформации в последних проходах чистовой группы стана 2000 проведена корректировка зависимости учитывающей «накопление» деформации в разработанных аналитических уравнениях. Кроме того, в ходе металлографического анализа выявлено более эффективное измельчение размера зерна феррита (примерно на 20-25 %) в двухфазной стали с увеличенным содержанием алюминия.

Полученные аналитические зависимости, по результатам лабораторных исследований, использованы в математической модели теплового состояния по толщине металла для учета тепловыделения вследствие пластической деформации прокатываемого металла и полиморфного превращения при последующем последеформационном охлаждении.

В пятой главе представлены результаты реализованной, с использованием методики анализа процессов структурообразования, опытно-промышленной горячей прокатки на НШПС 2000 «НЛМК» и полунепрерывном стане 140 Фрайбергской горной академии. Установлены температурно-скоростные параметры ступенчатого охлаждения на отводящем рольганге, обеспечивающие формирования требуемой структуры и механических свойств двухфазной стали класса прочности DP600. На основе которых с использованием математической модели теплового состояния металла, определены деформационные и температурно-скоростные параметры прокатки, а также порядок и количество включения полусекций душирования на отводящем рольганге НШПС 2000 НЛМК, которые позволяют обеспечить требуемый и равномерный по длине и ширине полосы типоразмером 4x1250 мм комплекс механических свойств.

Научная новизна диссертационной работы

Научную новизну диссертационной работы определяют следующие результаты исследования, полученные соискателем:

- разработана и реализована методика анализа процессов структурообразования и корректировки параметров охлаждения, с использованием экспериментально построенных термокинетических диаграмм и математической модели теплового состояния;
- на основе проведенных dilatометрических исследований с построением ТКД для 4-х вариантов ДФМС, предложен новый экономнолегированный химический состав, для производства горячекатаных ДФМС класса прочности DP600 в условиях НШПС 2000 ПАО «НЛМК»;
- предложены аналитические зависимости изменения сопротивления металла деформации от температуры, степени и скорости деформации для базового и нового экономнолегированного химического ДФМС;
- установлены закономерности влияния степени деформации и температуры в последнем проходе, а также длительности последеформационной воздушной паузы при одноступенчатом охлаждении на отводящем рольганге непрерывного широкополосового стана на формирование конечной структуры и механических свойств ДФМС.
- разработана комплексная математическая модель теплового состояния по толщине металла, учитывающая изменение теплового баланса вследствие пластической деформации и протекания полиморфного превращения в исследованных базовом и новом химических составах ДФМС;
- разработана и реализована методика анализа процессов структурообразования и корректировки параметров ступенчатого охлаждения на отводящем рольганге, для обеспечения формирования требуемой конечной структуры и механических свойств по всей длине горячекатаной полосы.

Практическая значимость работы

Результаты диссертационной работы Татару А.С. имеют значение для практического применения в области производства горячекатаных ДФМС класса прочности DP 600 в условиях непрерывных широкополосовых станов. Практическая ценность работы определяется нижеследующими результатами:

- разработана и адаптирована к промышленным условиям стана 2000 ПАО «НЛМК» математическая модель теплового состояния по толщине металла, позволяющая повысить точность расчетов температурных параметров процесса горячей прокатки и последующего ступенчатого охлаждения в линии НШПС 2000 ПАО «НЛМК»;
- разработана и опробована технология производства полосового проката из двухфазной стали класса прочности DP600, типоразмером 4x1250 мм на НШПС 2000 ПАО «НЛМК», отличительной особенностью которой является применение одноступенчатого режима охлаждения на отводящем рольганге;
- разработан алгоритм ввода порядка и количества, включенных и выключенных секций установки ускоренного охлаждения при реализации заданных режимов одноступенчатого охлаждения на отводящем рольганге стана 2000;

- результаты исследований диссертационной работы находят применение в учебном процессе на кафедре ОМД НИТУ «МИСиС» при проведении занятий, в КНИР, в курсовом проектировании и при выполнении выпускных работ студентов бакалавриата и магистратуры.

Замечания и вопросы по работе

1. Известно положительное влияние увеличения содержания алюминия на структуру и механические свойства автолистовых сталей. Однако новизна использования конкретного содержания алюминия для уменьшения величины зерен в стали типа DP600 и предлагаемый режим охлаждения полосы на отводящем рольганге не подтверждены полученным патентом.

2. Рассчитанные по предлагаемым моделям и измеренные силы прокатки по клетям чистовой группы стана 2000 существенно различаются, что требует пояснений причин отклонений.

3. Существенное изменение ($10\div 20\%$) деформационного режима горячей прокатки полосы $4(3.9)\times 1250$ мм в последней клетке стана 2000 может привести к ухудшению качества геометрии проката.

4. Недостаточно обоснован ответ автора о невозможности реализации предлагаемого эффективного двухступенчатого режима охлаждения горячекатаной полосы из ДФМС на отводящем рольганге стана 2000 НЛМК.

5. Интересно мнение диссертанта о причинах анизотропии по длине и ширине горячекатаной полосы и способе ее уменьшения.

6. Диссертация пересыщена по объему (278 стр.), особенно рисунками (147 шт.). Много приложений (10 шт.) при отсутствии акта внедрения НИР на комбинате.

Заключение

В целом работа выполнена на высоком научном уровне. Достоверность и обоснованность результатов исследований и выводов подтверждается применением современных методов теоретических исследований при разработке математической модели и экспериментальных исследований на уникальном оборудовании при моделировании процессов горячей прокатки и последующего охлаждения, а также опробования в промышленных условиях непрерывного стана 2000 и полунепрерывного стана 140.

Диссертация и автореферат написаны в хорошем научном стиле, грамотным языком, сформулированные результаты представлены в ясной и понятной форме. Основные результаты достаточно полно опубликованы в 10 печатных изданиях, в том числе в 5 изданиях включенных в ВАК РФ. Полученные результаты прошли апробацию на 6 отечественных научно-технических конференциях.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Диссертация соответствует паспорту специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением».

На основании изложенного, учитывая актуальность работы, научную новизну, практическую и теоретическую значимость, а также объем и уровень выполненных исследова-

ний, рассмотренная диссертация на тему «Исследование и разработка технологии производства горячекатаного высокопрочного автолистового проката из двухфазных феррито-мартенситных сталей с заданными показателями механических свойств» является научной квалифицированной работой и соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор Татару Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением».

Диссертация рассмотрена, обсуждена и отзыв принят на расширенном заседании кафедры «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии» факультета машиностроения Московского политехнического университета. Результаты голосования: «за» – 21 чел., «против» – нет чел., воздержалось – нет чел., протокол № 10 от «25» мая 2018 года.

Отзыв составил:

профессор кафедры «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»

доктор технических наук по специальности 05.16.05 - «Обработка металлов давлением»,

профессор

тел. +7 (495) 276-32-31 (р.), +7 (905) 535-68-37 (м.)

эл. почта: mmomd@mail.ru



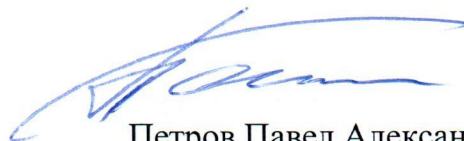
Шаталов Роман Львович

Заведующий кафедрой «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»

кандидат технических наук, доцент

тел. +7 (495) 276-32-31

эл. почта: p.a.petrov@mospolytech.ru



Петров Павел Александрович

Данные о ведущей организации: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет» (Московский политех)

107023, г.Москва, ул. Б. Семеновская, д.38

тел. +7 (495) 223-05-23, эл. почта: mospolytech@mospolytech.ru

Подпись руки Шаталова Романа Львовича и Петрова Павла Александровича заверяю

Ученый секретарь учёного совета

Московского политехнического университета

доктор технических наук, профессор

107023, г. Москва, ул. Б. Семеновская, д. 38, А-103