

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Уманского Александра Александровича «Развитие теоретических и технологических основ эффективного производства проката из рельсовых сталей на основе комплексного параметра оптимизации», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением

Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертационная работа А.А. Уманского посвящена совершенствованию технологических процессов производства проката из рельсовых марок стали. В качестве объектов исследования выбраны технологические процессы производства железнодорожных рельсов и мелющих шаров. Выбор таких объектов исследования продиктован постоянным развитием таких важных отраслей экономики России, как железнодорожный транспорт и горнодобывающий комплекс. По мере развития указанные отрасли предъявляют все более жесткие требования к качеству применяемых изделий, производимых металлургической отраслью, и в частности, прокатным производством.

В качестве направлений совершенствования технологических процессов производства указанных видов продукции, наряду с повышением их качества, автор разработал методики и алгоритмы, направленные на создание энергоэффективных ресурсосберегающих технологий.

Учитывая вышеизложенное, выбор темы диссертационного исследования следует признать весьма актуальным.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.6.4 – «Обработка металлов давлением» по следующим пунктам:

- п. 1 «Исследование и расчет деформационных, скоростных, силовых, температурных и других параметров разнообразных процессов обработки металлов, сплавов и композитов давлением»;

- п. 2 «Исследование процессов пластической деформации металлов, сплавов и композитов с помощью методов физического и математического моделирования»;

- п. 3 «Исследование структуры, механических, физических, магнитных, электрических и других свойств металлов, сплавов и композитов в процессах пластической деформации»;

- п. 6 «Разработка способов, процессов и технологий для производства металлопродукции, обеспечивающих экологическую безопасность, экономию материальных и энергетических ресурсов, повышающих качество и расширяющих сортамент изделий».

Степень достоверности результатов

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается сопоставимостью результатов теоретических изысканий с многочисленными экспериментальными исследованиями, выполненными с применением современных методик и оборудования. Кроме того, результаты исследований подтверждены эффективностью разработанных технологических решений по результатам их опытно-промышленного опробования и внедрения в условиях действующего металлургического производства.

Основные результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на многочисленных конференциях российского и международного уровня.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка из 272 наименований и четырех приложений.

Во введении обоснована актуальность научной проблемы, степень разработанности темы исследования, сформулированы цель, задачи работы,

описана методология и методы исследования, представлены основные научные положения, выносимые на защиту, показана научная новизна и практическая ценность и приведены данные об апробации, публикациях и структуре диссертации.

Содержание работы изложено в пяти главах.

В **первой главе** представлены результаты литературного обзора и анализа современного состояния научно-технической проблемы повышения эффективности прокатного производства. Приведенный аналитический обзор позволил систематизировать и обобщить накопленный отечественными и зарубежными исследователями опыт совершенствования технологических процессов прокатки.

Во **второй главе** представлены разработанные методика и алгоритм совершенствования режимов производства проката из рельсовых сталей на основе комплексного параметра оптимизации. Дано обоснование объектов оптимизации, обоснованы комплексный и частные параметры оптимизации. Так в качестве объектов оптимизации выступили: технология прокатки рельсовых профилей в черновых клетях рельсобалочных станов; технология прокатки сортовых заготовок и мелющих шаров из отбраковки непрерывнолитых заготовок рельсовых сталей. В качестве комплексного параметра оптимизации предложено использовать обобщенную функцию желательности Харрингтона, а в качестве частных показателей энергоэффективность, качество проката, показатели материалосбережения и производительность стана. Изложен алгоритм практического применения разработанной методики.

Третья глава посвящена исследованиям сопротивления пластической деформации и горячей пластичности рельсовых сталей. Представлены методики исследований и результаты экспериментов. Получены новые данные о сопротивлении деформации рельсовых сталей марок Э76ХФ, Э76ХСФ, Э90ХАФ, К76Ф. Установлены закономерности изменения сопротивления деформации при варьировании термомеханических параметров деформации в диапазоне полностью перекрывающем их значения реализуемые в процес-

сах прокатки в черновых клетях рельсобалочных станов, а также при прокатке сортовых заготовок и мелющих шаров. Кроме того, изучено влияние колебания химического состава указанных марок стали на сопротивление деформации. Приведены результаты экспериментальных исследований влияния температурно-скоростных условий деформации и химического состава рельсовых сталей вышеперечисленных марок на их горячую пластичность. Полученные закономерности влияния термомеханических параметров и химического состава рельсовых сталей на их сопротивление пластической деформации и критерий пластичности обобщены в виде уравнений регрессии, что дает возможность их практического применения при совершенствовании режимов прокатки указанных сталей.

В четвертой главе приводятся результаты экспериментальных и теоретических исследований процессов образования и трансформации дефектов рельсов и нерельсовых профилей, получаемых из отбраковки заготовок рельсовых сталей. На основании результатов исследований установлены основные закономерности формирования напряженно-деформированного состояния металла при прокатке рельсов в черновых клетях универсального рельсобалочного стана, заготовок в указанных клетях и в условиях сортового стана, а также шаров в условиях стана поперечно-винтовой прокатки. Полученные результаты представлены в виде аналитических зависимостей максимальных значений критерия Кокрофта-Лэтэма от параметров прокатки, что позволяет прогнозировать возможности производства указанных изделий без разрушения металла. Представлены результаты исследования влияния технологических параметров на выкатываемость дефектов, приобретенных на ранних стадиях производства.

Пятая глава представляет результаты опытно-промышленного опробования основных положений диссертационной работы. В частности, представлены результаты разработки новых эффективных режимов прокатки рельсовых профилей и режимов прокатки мелющих шаров из отбраковки заготовок рельсовых сталей. Показано, что внедрение на рельсобалочном стане

АО «ЕВРАЗ ЗСМК» режимов прокатки железнодорожных и остряковых рельсов, обеспечило снижение удельного расхода электроэнергии, уменьшение расхода прокатных валков черновых клетей, снижение отбраковки рельсов по дефектам поверхности, при этом достигнут существенный экономический эффект. Приведены результаты опытно-промышленного опробования в условиях шаропрокатного стана ОАО «ГМЗ» нового температурного режима прокатки мелющих шаров из отбраковки заготовок рельсовой стали, позволяющий повысить качество микроструктуры и ударную стойкость готовой продукции. Также следует отметить результаты по разработке и промышленному применению порошковой проволоки нового состава на основе техногенных отходов. Использование такой порошковой проволоки показало увеличение продолжительности жизни валков на при снижении стоимости процесса наплавки.

Автореферат соответствует содержанию диссертации. Результаты исследований в достаточной степени опубликованы в научной печати и апробированы на конференциях различного уровня.

Новизна и практическая значимость результатов исследований

Основными разработками автора, имеющими существенную научную новизну и практическую значимость, вносящими существенный вклад в развитие теории и технологии прокатного производства, и имеющими важное значение для экономики Российской Федерации, являются следующие.

В части **научной новизны** наиболее ценным представляются следующие разработки автора:

- методика совершенствования режимов производства проката из рельсовых сталей на основе комплексного параметра оптимизации;
- впервые полученные новые знания о закономерностях изменения сопротивления пластической деформации и пластичности рельсовых сталей марок К76Ф, Э76ХФ, Э76ХСФ и Э90ХАФ при варьировании их химического состава в рамках фактического и допустимого интервалов изменения содер-

жания основных химических элементов этих марок стали;

- закономерности изменения сопротивления пластической деформации по сечению (зонам кристаллизации) непрерывнолитых заготовок рельсовых сталей на примере стали марки К76Ф;

- новые научно-обоснованные данные о формировании напряженно-деформированного состояния металла и механизмах трансформации дефектов на начальной стадии прокатки железнодорожных рельсов;

- закономерности образования и выкатываемости дефектов при производстве сортовых заготовок и мелющих шаров из отбраковки непрерывнолитых заготовок рельсовых сталей.

Существенной **практической значимостью** обладают следующие результаты диссертационного исследования:

- полученные аналитические зависимости сопротивления пластической деформации и критерия пластичности от термомеханических параметров деформации и химического состава рельсовых сталей различных марок;

- полученные аналитические зависимости влияния параметров деформации на вероятность образования и выкатываемость дефектов в процессе прокатки рельсов и сортовых заготовок из рельсовых сталей;

- разработанные и внедренные в условиях универсального рельсобалочного стана АО «ЕВРАЗ ЗСМК» энергоэффективные, материалосберегающие режимы производства рельсовой продукции, обеспечивающие повышение качественных показателей готовых рельсов и увеличение производительности прокатного стана;

- разработанный и опробованный технологический режим производства мелющих шаров, позволяющий улучшить качество микроструктуры производимых помольных шаров, повысить их эксплуатационные характеристики, в том числе ударную стойкость;

- разработанная и промышленно опробованная в условиях сортопрокатного производства ОАО «ГМЗ» новая наплавочная проволока на основе техногенных отходов.

Практическая значимость результатов определяется также значимым подтвержденным или ожидаемым экономическим эффектом, который в совокупности составляет более 170 млн. руб/год.

Вместе с тем по работе имеются **замечания и вопросы**.

1. Формула (2.8) для расчета суммарной работы деформации предложена авторами источника 227 для простых калибров. Правомерно ли ее использование для анализа прокатки в фасонных калибрах черновых клетей рельсобалочного стана?

2. Коэффициент напряжённого состояния согласно методике А.И. Целикова стр. 96 диссертации представлен не верно. По формуле (2.11) рассчитывают коэффициент учитывающий влияние внешних зон, а не трения. Эта формула эквивалент формулам (2.12) и (2.13). Как учитывалось внешнее трение не показано.

3. Чем обосновано критическое значение критерия подобия 1,15, при превышении которого рекомендуется изменять калибровку валков? Чем обосновано критическое значение СИЗП 0,5, при превышении которого рекомендуется изменение температурного режима прокатки?

4. Обобщенная функция желательности Харрингтона позволяет получить более рациональный режим производства продукции по сравнению с существующим. Такой подход не является оптимизацией, т.к. можно найти другой вариант с лучшим значением функции желательности приняв на следующей итерации за базу рассчитанный режим. Оптимизация подразумевает построение целевой функции и поиск ее экстремума, а этого в работе нет.

5. На стр. 118 диссертации приведено описание экспериментальных исследований сопротивления деформации методом одноосного сжатия. Сказано: «Режим испытаний моделировал деформацию в условиях действующих рельсобалочных и сортовых прокатных станов». Как может одноосное сжатие моделировать режим прокатки на рельсобалочных и сортовых станах? Очевидно имеется в виду, что испытания проводились в диапазонах измене-

ния термомеханических параметров деформации, соответствующих прокатке на рельсобалочных и сортовых станах.

6. При описании исследований пластичности рельсовых сталей на стр. 121 диссертации указано: «Экспериментальные исследования пластичности проводили при температуре 1100°C, что обусловлено максимальной пластичностью рельсовых сталей при данной температуре...». Зачем исследовать пластичность при 1100°C, итак понятно что при этой температуре разрушения связанного с исчерпанием ресурса пластичности не произойдет? Логичнее на наш взгляд было бы проводить исследования при более низких температурах.

7. На стр. 130 диссертации представлены уравнения регрессии для расчета сопротивления деформации в зависимости от химического состава рельсовых сталей (см. формулы 3.7 – 3.10). Вызывает сомнение значение свободного члена в уравнении 3.10, он более чем в 4 раза меньше, чем в остальных. Учитывая, что остальные коэффициенты регрессии в уравнении 3.10 также меньше, чем в уравнениях 3.7 – 3.9, сопротивление деформации для конверторной стали получается в разы меньше.

8. Проверку адекватности уравнений регрессии (см. стр. 136-137) обычно осуществляют с использованием статистических критериев (Стьюдента для оценки статистической значимости коэффициентов уравнения, Фишера оценки статистической значимости самого уравнения). Проведение указанного промышленного эксперимента не может подтвердить адекватность уравнений, лишь может показать необходимость учета колебания химического состава стали при расчете режимов деформации.

9. На стр. 164-165 объясняется различие в значениях критерия Кокрофта-Лэтэма для разных марок рельсовых сталей различием в сопротивлении их деформации. Но если прокатка осуществляется по одним и тем же режимам, то схема напряженного состояния одинакова, одинаков и показатель напряженного состояния. Различие же в значениях критерия Кокрофта-Лэтэма связано не с сопротивлением деформации (прочностная характери-

стика), а с различием пластических характеристик рассматриваемых марок стали (например, накопленная степень деформации).

10. При разработке технических решений по совершенствованию производства сортовых заготовок из отбраковки рельсовых сталей отброшена возможность изменения схемы прокатки (см. стр. 240), но известно, что различные схемы прокатки обладают различной энергоэффективностью, затратами на валки и т.д. Схемы прокатки не приведено, поэтому сложно оценить правомерность исключения из рассмотрения схемы прокатки.

По тексту диссертации имеют место отдельные опечатки и неточности, например, на страницах 7, 14, 29, 39, 71, 122, 174, 242, 244.

Указанные замечания не снижают научной ценности и практической значимости работы и полученных в диссертации результатов исследований, при этом некоторые из замечаний носят дискуссионный характер.

Заключение

Анализ материалов, представленных в диссертации и автореферате, позволяет сделать следующее заключение.

Диссертация Уманского А.А. актуальна, содержит научную новизну, обладает практической значимостью и является законченной научно-квалификационной работой. Материалы диссертации достоверны, достаточно апробированы и опубликованы в научной печати. Содержание работы соответствует паспорту специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением. Основные результаты диссертации Уманского А.А. направлены на решение крупной научной проблемы, связанной с разработкой теоретических и технологических основ эффективного производства проката из рельсовых сталей, совершенствованием и внедрением в производство новых технологических режимов прокатки. Результаты работы имеют важное значение для экономики Российской Федерации.

В целом диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Уманский Александр

Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением.

Выражаю согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени доктора технических наук Уманского Александра Александровича и их дальнейшую обработку.

Шварц Данил Леонидович,
заведующий кафедрой обработки металлов
давлением Федерального государственного
автономного образовательного учреждения
высшего образования «Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина»,
доктор технических наук, доцент

Подпись Шварца Д.Л. удостоверяю:

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УРФУ
МОРОЗОВА В.А.



Специальность, по которой была защищена диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук - 05.16.05 — Обработка металлов давлением

Телефон: +7 (343) 375-44-37, E-mail: d.l.shvartc@urfu.ru

620002, Уральский федеральный округ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Телефон +7 (343) 375-44-44, E-mail: rector@urfu.ru