

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Головатенко Алексея Валерьевича «Исследование и разработка
энергоэффективных режимов прокатки длинномерных железнодорожных
рельсов на универсальном рельсобалочном стане», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 –
Обработка металлов давлением

Актуальность темы диссертации

Как показал передовой зарубежный опыт и установлено исследованиями ВНИИЖТ, для повышения эффективности функционирования железных дорог (увеличения грузооборота, повышения маршрутных скоростей движения поездов и т.п.) необходимо применять длинномерные высококачественные термозакаленные рельсы из специальных легированных сталей. Для производства таких рельсов в России с учетом зарубежных аналогов были построены два новых универсальных рельсобалочных стана: в АО «ЕВРАЗ – Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (АО «ЕВРАЗ-ЗСМК») и в ПАО «Челябинский металлургический комбинат» (ПАО «ЧМК»). Выпуск длинномерных высококачественных рельсов на указанных комбинатах рассматривается как важная государственная задача.

При разработке и освоении технологии прокатки длинномерных рельсов на указанных станах в условиях отсутствия отечественного опыта и при ограниченных теоретических знаниях о процессах прокатки в универсальных калибрах, потребовалось проведение специальных экспериментальных и теоретических исследований по влиянию различных факторов на формоизменение металла в черновых и чистовых калибрах, на качество прокатываемого профиля, на затраты энергии при прокатке, на условия работы оборудования и т.п. Такие исследования были крайне необходимы для определения рациональных, энергосберегающих технологических режимов прокатки рельсов, и были выполнены диссертантом А.В. Головатенко при пуске и освоении первого в России современного универсального рельсобалочного стана АО «ЕВРАЗ-ЗСМК».

Таким образом тема диссертационной работы А.В. Головатенко является актуальной.

Структура и содержание диссертации

Диссертация содержит введение, 4 главы, заключение, список литературы из 102 наименований и 3 приложения. Изложена на 139 страницах машинописного текста, включая 68 рисунков и 11 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации и дана общая характеристика работы.

В первой главе представлен аналитический обзор по теме диссертации. Выполнен анализ развития способов прокатки железнодорожных рельсов с применением универсальных четырехвалковых калибров. Показано, что длинномерные рельсы производят на рельсобалочных станах, снабженных непрерывно-реверсивными группами универсальных клетей. Приведены примерные типичные схемы получения (калибровки) рельсового профиля и схемы расположения оборудования рельсобалочных станов. Намечены пути их совершенствования, но данных для расчета, проектирования таких станов в литературе недостаточно.

Длинномерные железнодорожные рельсы по требованиям стандартов изготавливают из высокоуглеродистых легированных, в частности хромистых сталей конвертерного или электросталеплавильного производства. Однако данные по сопротивлению деформации таких сталей отсутствуют, а известные методы расчета сопротивления деформации применительно к рельсовым сталям не позволяют получить достоверные результаты. Поэтому актуальной задачей является проведение экспериментальных исследований по определению сопротивления деформации рельсовых сталей в зависимости от физико-химических параметров прокатки.

В аналитическом обзоре проанализированы работы по влиянию режимов прокатки на качество рельсового проката (механические свойства, точность размеров, макро- и микроструктуру, поверхностные дефекты и т.п.). Показано, что большинство таких работ выполнено для условий прокатки в двухвалковых рельсовых калибрах. Отдельные работы уральских исследователей (Р.А. Литвинов, Е.О. Скосарь и др.) по моделированию температурного и напряженно-деформированного состояния при прокатке в универсальном калибре позволяют определить места появления вероятных дефектов на рельсовом профиле, но не позволяют определить механизм формирования качества рельсового проката.

На основании аналитического обзора сформулированы задачи диссертационного исследования (см. с. 41 диссертации).

Во второй главе диссертации изложены методика и результаты экспериментальных исследований зависимости сопротивления деформации рельсовой стали Э78ХСФ от термомеханических параметров прокатки. Исследования проводили путем сжатия горячих образцов в установке «Hydrawedge H» комплекса физического моделирования термомеханических процессов «Gleeble System 3800». В результате обработки экспериментальных данных получили формулу, позволяющую рассчитывать сопротивление

деформации в зависимости от температуры стали, степени и скорости деформации (см. формулу (8) диссертации).

В третьей главе представлены экспериментальные исследования влияния химического состава рельсовой стали Э78ХСФ на сопротивление ее пластическому деформированию. Исследования проводили методом корреляционно-регрессионного анализа. Исследовали влияние основных химических элементов (C, Si, Mn, Cr, S, P, V) на значения коэффициентов регрессионной формулы (8), полученной во второй главе. В результате для каждого такого коэффициента получили линейные уравнения регрессии (15)-(21), выражающие зависимость от основных химических элементов. Предложен алгоритм расчета сопротивления деформации стали Э78ХСФ путем поэтапного использования линейных уравнений (15)-(21), учитывающих химсостав стали, а затем уравнения (8), учитывающего термомеханические параметры прокатки. Показаны основные закономерности влияния химсостава стали на сопротивление деформации (рис. 47-50).

В четвертой главе представлены опытно-промышленные исследования и разработки новых технологических режимов прокатки длинномерных рельсов в условиях универсального рельсобалочного стана АО «ЕВРАЗ-ЗСМК». При этом в качестве исходной была принята калибровка валков, предложенная фирмой SMS MEER (контрактная калибровка). При анализе и совершенствовании ее было проработано 3 варианта калибровок валков обжимных рабочих клетей, различающихся числом проходов и формой некоторых калибров. В результате исследования была принята энергоэффективная калибровка с использованием двух наклонных рельсовых калибров и наименьшим числом проходов (рис. 54). При исследовании калибровки валков чистовой непрерывно-реверсивной группы тандем разработана схема с применением отдельно расположенной чистовой универсальной клетки (рис. 65), что позволяет улучшить качество длинномерных рельсов за счет исключения межклетьевого натяжения в последних проходах. Указанные калибровки внедрены на универсальном рельсобалочном стане АО «ЕВРАЗ-ЗСМК» с существенным экономическим эффектом.

В приложении к диссертации представлены акт внедрения разработок диссертанта на новом рельсобалочном стане, расчет экономической эффективности этих разработок и справка об использовании результатов диссертации в учебном процессе СибГИУ.

Оценивая содержание диссертации в целом, следует отметить, что материал исследования изложен в правильной логической последовательности и достаточно полно раскрывает этапы большой научно-исследовательской работы от постановки задач до внедрения результатов в производство.

Новизна и обоснованность научных положений и результатов диссертации

К основным результатам диссертации, обладающим существенной научной новизной и практической ценностью, относятся следующие разработки автора:

1. Закономерности изменения сопротивления деформации рельсовой хромистой стали Э78ХСФ под действием термомеханических параметров прокатки (температуры, степени и скорости деформации), представленные в виде графиков (рис. 18-41), и выраженные аппроксимирующей формулой (8).

2. Уравнения регрессии (15)-(21), учитывающие влияние химического состава рельсовой стали Э78ХСФ на сопротивление деформации при прокатке. С применением полученных уравнений проведен вычислительный эксперимент, в результате которого получены новые знания о влиянии ванадия и серы на сопротивление деформации рельсовой стали.

3. Методика (алгоритм) расчета сопротивления деформации рельсовой стали с использованием полученных уравнений (8) и (15)-(21) (раздел 3.3 диссертации), что позволяет учесть влияние термомеханических условий прокатки и химсостав рельсовой стали.

4. Новый, интенсифицированный режим прокатки и соответствующая схема калибровки рельсов Р65 с уменьшенным количеством проходов и применением двух косорасположенных (наклонных) рельсовых калибров во второй обжимной клетки (рис. 54 диссертации). В первой обжимной клетки производится 5 проходов в ящичных калибрах, затем по одному проходу в горизонтальном тавровом калибре (т.н. «лежачая трапеция») и в вертикальном тавровом калибре, после чего во второй обжимной клетки прокатка осуществляется по схеме «наклонный рельсовый калибр-кантовка-второй наклонный рельсовый калибр-открытый-горизонтальный рельсовый калибр», причем уклон косорасположенных рельсовых калибров составляет до 18%, а упорных конусов – 25%.

5. Новая технологическая схема прокатки рельсов в непрерывно-реверсивной группе тандем, отличающаяся отдельным расположением чистовой универсальной клетки (рис. 65 в диссертации), что позволило исключить межклетьевое натяжение раската в двух последних проходах и за счет этого повысить точность и стабильность размеров профиля рельса по длине чистового раската.

Каждое из указанных выше положений имеет достаточно полное научное обоснование.

Численные значения сопротивления деформации хромистой стали и закономерности их изменения основаны на результатах физического моделирования процессов прокатки в современном сертифицированном комплексе «Gleeble System 3800», позволяющем с высокой точностью и достоверностью определять сопротивление деформации в процессах ОМД в зависимости от термомеханических условий деформирования.

Закономерности влияния химсостава рельсовой хромистой стали Э78ХСФ на сопротивление деформации установлены с использованием широко известной в науке методики множественного корреляционно-регрессионного анализа результатов экспериментальных испытаний образцов из 20-ти плавок стали Э78ХСФ.

Предложенную диссертантом методику расчета сопротивления деформации от химсостава стали и термомеханических параметров прокатки можно обосновать с точки зрения принципа суперпозиции как наложение на определение искомой величины двух групп факторов: вначале термомеханических условий прокатки, а затем комплекса химических элементов в стали.

Интенсифицированный энергоэффективный режим прокатки во второй обжимной клетке (рис. 54 диссертации) обоснован с точки зрения свойств наклонных рельсовых калибров. Известно, что такие калибры за счет наклона стенки относительно горизонтальной оси позволяют интенсифицировать обжатие фланцев и шейки профиля и, следовательно, сократить количество проходов и уменьшить расход электроэнергии.

Отдельное расположение чистовой универсальной клетки в группе тандем (см. рис. 65) обусловлено требованиями получения высокой точности и стабильности размеров длиномерных рельсов. Чтобы выполнить эти требования, чистовую универсальную клетку УО располагают от вспомогательной клетки Е на расстоянии, превышающем длину предчистового раската. При этом исключается непрерывность прокатки и натяжение в клетях Е и УО и обеспечивается свободный выход раската без натяжения в универсальной клетке UR (второй проход).

Таким образом указанные выше результаты и положения диссертации являются достаточно полно обоснованными.

Достоверность результатов диссертации

Полученные результаты диссертации являются достоверными, что подтверждается:

- использованием для получения экспериментальных данных по сопротивлению металла деформации современного сертифицированного оборудования комплекса физического моделирования процессов обработки металлов давлением «Gleeble System 3800»;
- применением статистических методов анализа и обработки экспериментальных данных (в частности, множественного корреляционного анализа);
- сходимостью расчетных и экспериментальных параметров прокатки рельсов с достаточной для практики точностью;
- опытно-промышленными исследованиями и последовательным совершенствованием калибровок валков и технологических режимов прокатки рельсов в условиях действующего универсального рельсобалочного стана;
- внедрением разработанных технологических режимов прокатки длинномерных железнодорожных рельсов на первом в России универсальном рельсобалочном стане АО «ЕВРАЗ-ЗСМК» с экономическим эффектом более 98 млн. руб.

Критические замечания

1. При получении уравнения регрессии для расчета сопротивления деформации хромистой рельсовой стали Э78ХСФ в зависимости от термомеханических параметров прокатки (формула (8) в диссертации) автор не приводит статистических критериев адекватности модели (коэффициентов множественной и парной корреляции, их значимости и т.п.). Использование этих критериев позволило бы автору более полно оценить тесноту связей параметров в формуле (8) при меньшем количестве графиков на рисунках 18-46, которыми перегружен текст диссертации.

Такое же замечание относится к получению уравнений регрессии (15)-(21) для расчета коэффициентов A , m_1 - m_6 , учитывающих влияние химсостава стали Э78ХСФ на сопротивление деформации в формуле (8).

2. Утверждение о возможности применения формулы (8) для определения сопротивления деформации не только стали Э78ХСФ, но и других рельсовых сталей (с.93) не доказано.

3. Для определения усилий прокатки в разделе 3.3 автор применил известную методику А.И. Целикова - Г.С. Никитина - С.Е. Рокотяна [68], которая не учитывает действительную форму калибров и предусматривает пересчет фасонного профиля на соответствующую прямоугольную полосу. Такую методику нельзя считать современной, непонятно, почему диссертант называет

ее «стандартной» (с. 92). В силу особенностей принятой методики, расчеты усилий производились только для обжимной клетки BD1, где используются ящичные калибры и горизонтальный тавровый калибр. Усилия при прокатке в черновых и чистовых рельсовых калибрах клеток BD2 и универсальных клеток не определялись.

4. В диссертации не исследовано изменение размеров рельсового профиля в поперечных сечениях по длине чистового раската, что весьма важно при производстве длинномерных рельсов для высокоскоростных железнодорожных магистралей.

Не дана оценка точности размеров длинномерных рельсов относительно допускаемых отклонений по ГОСТ Р 51685-2013.

Оформление диссертации. Публикации по работе

Диссертация написана достаточно грамотно и весьма аккуратно оформлена в соответствии с основными положениями ГОСТ Р 7.0.11-2011. Она хорошо иллюстрирована схемами и графиками. В качестве замечаний по оформлению следует отметить отсутствие номеров на некоторых страницах (с. 19, 20, 46, 47, 73 и др.), а также отдельные отклонения от ГОСТ при библиографическом описании некоторых источников в списке литературы: [75], [84], [96], [98] и др.

Материалы диссертационной работы достаточно полно опубликованы в 19-ти печатных трудах, из которых 3 в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ. Все публикации соответствуют теме диссертации. Основные положения диссертации апробированы на международных и региональных научно-технических конференциях. Автореферат правильно отражает основное содержание диссертации.

Заключение

Диссертационная работа А.В. Головатенко соответствует паспорту специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

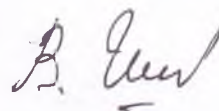
Указанные выше замечания не снижают научной и практической ценности результатов рассмотренной диссертации и не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку выполненной диссертационной работы.

Диссертация А.В. Головатенко является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи разработки и внедрения новых энергоэффективных технологических режимов прокатки высококачественных длинномерных рельсов на первом в России универсальном рельсобалочном стане, что имеет существенное значение для развития отечественной металлургии и железнодорожного транспорта страны. Рассмотренная диссертация соответствует требованиям «Положения о

присуждении ученых степеней» (пунктам 9-11, 13, 14 и др.), а автор ее Алексей Валерьевич Головатенко заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
профессор,
профессор-консультант кафедры
«Обработка металлов давлением»
ФГАОУ ВПО «УрФУ им. Б.Н.Ельцина»
18.03.2016

Владислав Александрович Шилов



Подпись В.А. Шилова заверяю,
Ученый секретарь Ученого совета
университета



В.А. Морозова

Россия, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, д. 19, 8(343)3754437, omd@urfu.ru, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»