

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Сметанина Сергея Васильевича «Развитие теоретических и технологических основ прокатки асимметричных рельсовых профилей на станах с группой тандем», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением

Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертационная работа С.В. Сметанина посвящена совершенствованию технологических процессов производства асимметричных рельсовых профилей. В качестве объектов исследования выбраны технологические процессы производства трамвайных желобчатых рельсов, а также железнодорожных усовиковых и остряковых рельсов. Выбор таких объектов исследования продиктован непрерывным развитием сетей трамвайного сообщения и такой важной отрасли экономики России, как железнодорожный транспорт. 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 на их основе новые энергоэффективные ресурсосберегающие технологии.

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. 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 исследований с результатами промышленных экспериментов. 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, четырех глав, заключения, библиографического списка из 351 наименований, списка сокращений и специальных терминов и приложения.

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.

В первой главе представлены результаты литературного обзора и ана-

лиза современного состояния научно-технической проблемы. Рассмотрены требования, предъявляемые к трамвайным рельсам в России и за рубежом, проанализированы развитие технологии прокатки асимметричных рельсовых профилей, а также существующие методы моделирования напряженно-деформированного состояния металла и методы расчета скоростных и силовых параметров прокатки рельсов.

Вторая глава посвящена теоретическим исследованиям технологических процессов прокатки асимметричных рельсовых профилей.

Представлены результаты моделирования методом конечных элементов процесса прокатки трамвайных рельсов. Проанализировано деформированное состояние металла, установлены границы зон интенсивной и затрудненной пластической деформации. Выявлены закономерности течения металла. Исследование напряженного состояния металла показало, что зоны с максимальной интенсивностью напряжений соответствуют зонам интенсивной пластической деформацией. Расчет напряжений и деформаций позволил изучить распределение полей ресурса пластичности металла.

Предложена методика моделирования эволюции осевой пористости непрерывно-литой заготовки при прокатке трамвайных рельсов. Результаты моделирования по такой методике показали, что осевая пористость полностью заваривается в десятом проходе и в последующих проходах ее раскрытие не происходит. Получено уравнение для определения площади поперечного сечения осевой пористости в зависимости от суммарного коэффициента вытяжки.

Приведен план и результаты вычислительного эксперимента по определению приращения-утяжки фланцев при прокатке трамвайных рельсов. Представлены регрессионные зависимости коэффициентов приращения-утяжки от технологических параметров прокатки.

Описаны разработанные методика и метод уточненного расчета контактной поверхности при прокатке сложных фасонных профилей, основанные на твердотельном 3D моделировании.

Сформулированы принципы расчета эффективных скоростных режимов прокатки в группе тандем современного рельсобалочного стана.

Третья глава посвящена исследованиям процесса прокатки асимметричных рельсовых профилей в условиях действующего универсального рельсобалочного стана.

С применением положения приведенных в главе 2 разработана эффективная технология прокатки трамвайных рельсов в четырехвалковых калибрах. В качестве критерия эффективности выбрана минимизация различия усилий прокатки, возникающих от обжатия вертикальными валками в четырехвалковом калибре.

Разработанная технология опробована в промышленных условиях.

Представлены темплеты раскатов по проходам, отобранные в производственных условиях. Результаты промышленных экспериментов подтвердили основные теоретические положения в части формоизменения металла и эволюции осевой пористости при прокатке трамвайных рельсов.

Представленные результаты промышленных экспериментов подтвердили, что такие факторы, как диаметр и величина обжатия вертикальных валков, температура прокатки и диаметр горизонтальных валков, оказывают влияние на величину силы прокатки. Наиболее значимо сила прокатки на вертикальном разрезном валке зависит от глубины внедрения и его диаметра.

В **четвертой главе** приводятся результаты внедрения ресурсосберегающих технологий прокатки асимметричных рельсовых профилей на станах с группой тандем. А именно результаты внедрения:

- нового эффективного скоростного режима прокатки трамвайных рельсов в чистовой непрерывной реверсивной группе клетей тандем;
- предложенного способа прокатки асимметричных рельсовых профилей, в котором учитываются смещаемые объемы металла по элементам профиля. В этом способе величина обжатия металла по головке и подошве профиля рассчитана таким образом, чтобы действующие силы прокатки от вертикальных валков имели минимальное различие.
- разработанных ресурсосберегающих технологий прокатки для асимметричных профилей, таких как остряковые и усовиковые рельсы.

Автореферат соответствует содержанию диссертации. Результаты исследований широко 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:

- выявленные закономерности распределения параметров, характеризующих напряженно-деформированное состояние металла при прокатке асимметричных рельсовых профилей на универсальном рельсобалочном стане;
- выявленные зависимости параметров формоизменения металла от технологических параметров прокатки трамвайных желобчатых рельсов;
- разработанная и реализованная методика моделирования эволюции осевой пористости непрерывно-литой заготовки при прокатке асимметричных рельсовых профилей;
- предложенный метод расчета контактной поверхности раската с рабочими валками прокатного стана, основанный на применении твердотельного 3D моделирования, отличающийся от известных методов повышенной точностью;
- разработанные принципы проектирования режимов обжатия при прокатке асимметричных рельсовых профилей в четырехвалковом универсальном калибре, обеспечивающих прокатку без осевых воздействий на горизонтальные рабочие валки.

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

- разработанные математические зависимости расчета размеров фланцев профиля, необходимые при проектировании режимов деформации ме-

талла в четырехвалковых калибрах при прокатке трамвайных рельсов;

- предложенный алгоритм расчета контактной поверхности раската с рабочими валками прокатного стана;

- разработанные и внедренные в промышленное производство ресурсосберегающие способы и скоростные режимы прокатки асимметричных трамвайных рельсов, а также остряковых и усовиковых железнодорожных рельсов.

Следует отметить, что результаты исследований, приведенные в диссертации, могут быть эффективно реализованы для разработки новых ресурсосберегающих технологий производства рельсовых профилей на универсальных рельсобалочных станах.

Практическая значимость результатов определяется также значимым подтвержденным экономическим эффектом, который составляет 82 млн. руб/год.

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

Замечания по оформлению диссертации:

1. В разделе 2.1.1 вводятся обозначения рабочих клеток UR, UF и BD, однако схема их расположения отсутствует, что затрудняет восприятие материала. Схема расположения рабочих клеток появляется только в главе 3.

2. Из текста диссертации не ясно, какие параметры соответствуют аргументам функции расчета коэффициентов приращения-утяжки фланцев подошвы и головки: общая модель (1), полученные уравнения (5) и (6).

3. Нумерация формул во второй главе принята сквозная, а в третьей по разделам.

Вопросы и замечания по существу диссертационных исследований:

4. При моделировании процесс рассматривался как изотермический (стр. 85), однако далее (стр. 86) сказано, что учитывался теплообмен раската с валками и окружающей средой, а также переход механической энергии деформации в тепловую. Так все-таки, решалась температурная задача или нет?

5. Если задача по исследованию напряженно-деформированного состояния металла при прокатке трамвайного рельса решалась для изотермических

условий, то это очень грубое допущение. Картина напряжений и деформаций для различных элементов профиля существенно различается, и эта разница только растёт к чистовому калибру.

6. На стр. 100 утверждается: «... несмотря на значительную неравномерность деформаций, металл обладает значительным ресурсом пластичности, поэтому, с целью эффективного распределения усилий прокатки, имеется возможность по увеличению обжатий по элементам профиля без образования дефектов и нарушения сплошности металла.». Не ясно на каком основании сделан такой вывод. Определены значения критерия Кокрофта-Лэтэма, но сами по себе эти значения ни о чем не говорят, их необходимо сравнивать с критическими значениями.

7. Для моделирования поведения осевой пористости в разд. 2.1.3 взята заготовка с отверстием по оси. Затем это отверстие именуется осевой пористостью по всему разделу. На стр. 110 приведено «уравнение регрессии ... по нахождению площади поперечного сечения осевой пористости в зависимости от суммарного коэффициента вытяжки». Но ведь в реальности осевая пористость имеет не нулевую плотность, сопротивление деформации и другие физико-механические характеристики. Чем подтверждается правомерность распространения полученных результатов на реальный металл?

8. Предложен метод расчета площади контактной поверхности при прокатке несимметричных рельсовых профилей основанный на применении 3D твердотельного моделирования. Показано, что такой метод существенно повышает точность расчета в сравнении с известными инженерными методами, в частности с методом соответственной полосы. Но инженерные методы предназначены для «быстрых» расчетов, в то время как предложенный метод предполагает большие временные затраты.

9. При исследовании формоизменения металла при прокатке трамвайных рельсов отобраны темплеты (см. рис. 3.14). Однако фактически результатов сравнения физического и компьютерного моделирования не представлено. Приведены результаты компьютерного моделирования (см. табл. 3.14), а результаты обмеров темплетов отсутствуют. На основании сравнения темплетов, представленных на рис. 3.15, сделать выводы о сходимости результатов

компьютерного моделирования и промышленного эксперимента не представляется возможным.

10. На основании каких измерений сделан вывод (см. стр. 227): «По итогам промышленных экспериментов подтверждены данные компьютерного моделирования, указывающие, что на заваривание осевой несплошности в процессе прокатки влияет, главным образом, величина сжимающих напряжений на поверхности раската».

11. Выравнивание сил, действующих со стороны головки и подошвы при прокатке в четырехвалковых калибрах, подразумевает применение не равных обжатий по головке и подошве, что, при примерно одинаковом диаметре вертикальных валков, ведет к разности длин очагов деформации. Эта разница вызывает изгиб раската при входе в очаг деформации. Удалось ли при разработке новой технологии прокатки трамвайных рельсов избежать такого изгиба, если удалось, то за счет чего?

12. На стр. 257 приведены математические зависимости по нахождению усилий прокатки по предложенной технологии. При подстановке в указанные уравнения начального этапа деформации $x=0$, получаем существенные, причем отрицательные силы.

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 Сметанина С.В. 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 Сметанина С.В. направлены на решение крупной научной проблемы, связанной с развитием теории и технологии эф-

фективного производства асимметричных рельсовых профилей, 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, Сметанин Сергей Васильевич, 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 Сметанина Сергея Васильевича 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:

УЧЕНЫЙ 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