

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора

Филиппова Георгия Анатольевича

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 (05.16.05) – Обработка металлов давлением

Актуальность избранной темы. В настоящее время отечественные и зарубежные металлургические предприятия производят широкий сортамент рельсов, имеющих различную геометрию, обусловленную их назначением, изготавливаемые с помощью прокатки. Несмотря на большое разнообразие типов рельсов их можно разделить на две категории – это имеющие симметричный или асимметричный профиль поперечного сечения относительно вертикальной или горизонтальной оси. Симметричные рельсы представлены значительным сортаментом, при этом методы их калибровки имеют много общего, что отражено в научной литературе. Асимметричные рельсы имеют более сложную геометрию профиля поперечного сечения. Можно отметить, что из всех асимметричных рельсов весьма специфический профиль имеют желобчатые рельсы, применяемые для трамвайных путей. Наличие глубокого желоба, отделяющего головку от губы, и асимметрия профиля в горизонтальной и вертикальной плоскостях предопределяет особенности калибровки и технологии прокатки данных рельсов.

В России и странах СНГ из всех металлургических комбинатов освоил технологию производства трамвайных желобчатых рельсов только АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (АО «ЕВРАЗ ЗСМК»). В 2013г. на АО «ЕВРАЗ ЗСМК» была произведена коренная реконструкция рельсового производства в результате чего был построен и запущен в промышленную эксплуатацию первый в России и странах СНГ рельсобалочный прокатный стан с группой тандем. В связи с тем, что научно-исследовательская информация по прокатке асимметричных рельсов в научной литературе ограничена, а по трамвайным рельсам некоторые вопросы за всю их историю производства в нашей стране (более 75 лет) никогда не исследовались, поэтому отсутствовала возможность разработать энерго- и ресурсосберегающую технологию прокатки асимметричных рельсовых профилей на современном рельсобалочном стане с группой тандем. Перечисленные факты предопределили актуальность, высокую практическую значимость и востребованность диссертационного исследования соискателя.

Выбранное направление научно-исследовательской работы, связанное с развитием теоретических и технологических основ прокатки асимметричных рельсовых профилей, является актуальным. Проведение исследований в данном направлении обусловлено необходимостью теоретического и

экспериментального исследования процесса прокатки асимметричных рельсов на основе анализа напряженно-деформированного состояния металла и энергосиловых параметров прокатки.

Структура и содержание диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, основных результатов и выводов, списка сокращений и специальных терминов, списка литературы из 351 наименований, содержит 113 рисунков и 34 таблицы, изложена на 333 страницах машинописного текста с приложениями на 12 страницах.

В первой главе изложен аналитический обзор информации современного состояния научной проблемы, решаемой в диссертации. Рассмотрены вопросы современных требований, предъявляемых к трамвайным рельсам, состояние и развитие трамвайного сообщения, развитие прокатного производства на станах с группой тандем, с обзором данной информации в России и за рубежом. Рассмотрено развитие технологии прокатки асимметричных рельсов, сделан обзор исследований напряженно-деформированного состояния металла и энергосиловых параметров при прокатке рельсовых профилей, в том числе с применением моделирования методом конечных элементов. На основе проведенного анализа поставлены задачи исследования.

Во второй главе представлены результаты по разработке и теоретическому обоснованию технологии прокатки асимметричных рельсовых профилей на станах с группой тандем применяя моделирование методом конечных элементов. Приведены результаты компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния металла и трансформации осевой пористости при прокатке. Решена задача по точному расчёту смещаемых объемов металла и площади проекций контактных поверхностей металла с валками в геометрическом очаге деформации, что позволяет повысить точность расчета силы прокатки для сложных прокатываемых профилей. Разработана математическая модель формоизменения фланцев (головки и подошвы) профиля при прокатке в четырехвалковых калибрах, предложены и обоснованы скоростные режимы прокатки в группе тандем.

В третьей главе на основе результатов компьютерного моделирования представлены результаты исследований процесса прокатки асимметричных рельсовых профилей на стане с группой тандем применяя натурные эксперименты, которые выполнены на действующем промышленном прокатном стане. Разработан новый принцип прокатки, имеющий уровень изобретения, основанный на равенстве сил прокатки действующих со стороны вертикальных валков в четырехвалковых калибрах. Показано, что предложенные режимы деформации подтвердили адекватность проведенного компьютерного моделирования, а также сформулированы рекомендации для разработки энерго- и ресурсосберегающей технологии прокатки на основе результатов исследований напряженно-деформированного состояния металла и энергосиловых параметров прокатки.

В четвертой главе изложены результаты промышленного освоения технологии прокатки трамвайных, остряковых и усовиковых рельсов на

прокатном стане с группой тандем АО «ЕВРАЗ ЗСМК». Показано, что в разработанной технологии исключены проблемы исходной технологии и приведены показатели энерго- и ресурсосбережения.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций сформулированных в диссертации. Обоснованность и достоверность результатов исследований не вызывает сомнений и определяется высокой сходимостью результатов компьютерного моделирования и натурных исследований, по результатам которых разработаны новые методы расчета, режимы и принципы прокатки внедренные в промышленное производство, а так же подтверждается их сопоставлением с результатами опубликованных теоретических и экспериментальных исследований.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации. Основное содержание и результаты исследований диссертации опубликованы в 84 печатных работах, включая 42 статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК РФ и 5 переводных статей в журналах, индексируемых в SCOPUS и WOS, в 2 монографиях, 3 патентах на изобретение. Автореферат полностью отражает структуру и текст диссертации.

Научная новизна и достоверность научных положений и результатов диссертации. Научной новизне соответствуют следующие результаты диссертации:

- методика разработки энерго- и ресурсосберегающей технологии прокатки трамвайных и других рельсов на специализированном стане с непрерывной группой клетей – тандем;
- выявлены закономерности уширения и утяжки фланцев профиля при прокатке в четырехвалковых калибрах, описанные уравнениями регрессии, применение которых позволяет рассчитать режимы деформации, обеспечивающие требуемую геометрию профиля при прокатке в четырехвалковых калибрах;
- разработан 3D-метод применение которого позволяет рассчитать проекции контактной поверхности металла с валками и смещаемые объемы металла в геометрическом очаге деформации, что обеспечивает повышение точности расчета силы прокатки для профилей, имеющих сложную геометрию;
- разработан новый принцип прокатки, основанный на равенстве сил действующих со стороны вертикальных валков при прокатке в четырехвалковых калибрах (патент № 2595082);
- показано, что разработанные режимы деформации обеспечивают уменьшение неравномерности напряженно-деформированного состояния металла в 1,5 – 2 раза и повышение величины гидростатического давления в 1,2 – 1,7 раза по сравнению с существующими технологиями, что повышает качество прокатываемого металла;
- разработаны новые диаграммы скоростных режимов прокатки для группы тандем в которых исключается момент динамический стана при захвате полосы;

– установлено условие исключения осевой пористости исходной непрерывнолитой заготовки при прокатке рельсов.

Вышеизложенные пункты научной новизны являются достоверными, так как подтверждены использованием современных методов моделирования и планирования экспериментов, прошедших широкую апробацию в обработке металлов давлением, а также сопоставлением теоретических данных с данными промышленных экспериментов, которые с высокой воспроизводимостью согласуются между собой. Основные выводы диссертации достоверны, так как они базируются на основных положениях механики сплошных сред и теории обработки металлов давлением. Расчетные значения имеют высокую сходимость с экспериментальными исследованиями, которые прошли широкую апробацию и внедрены в технологический процесс прокатки трамвайных, остряковых и усовиковых рельсов в рельсобалочном цехе на стане с группой тандем АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

Практическая значимость полученных результатов. Практическую значимость представляют следующие разработки автора диссертации:

- математическая модель для расчета значений интенсивности деформаций в вершине разрезаемого желоба головки рельса, позволяющая при разработке калибровки оценить деформированное состояние;
- математические зависимости для расчета размеров фланцев, обеспечивающих требуемую геометрию профиля в группе тандем;
- метод расчета проекции контактных поверхностей металла с валками в геометрическом очаге деформации, являющийся особо актуальным для расчета сил прокатки для сложных профилей;
- новый способ прокатки в уравновешенных четырехвалковых калибрах, обеспечивающий повышение эффективности процесса прокатки;
- новые скоростные режимы прокатки в группе тандем обеспечивающие исключение динамического момента стана на этапе захвата металла валками, что обеспечивает повышение производительности прокатного стана;
- новая технология прокатки трамвайных рельсов, реализованная в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК», являющаяся единственной в России и странах СНГ, которая обеспечивает повышение эффективности показателей энерго- и ресурсосбережения;
- на основании разработанных методов расчета и способов прокатки, изложенных в диссертации, разработана, освоена и внедрена на стане с группой тандем АО «ЕВРАЗ ЗСМК» ресурсосберегающая технология прокатки остряковых и усовиковых рельсов;
- результаты исследований, изложенные в диссертации, могут быть эффективно применены для разработки новых ресурсосберегающих технологий прокатки рельсовых профилей, которые адаптируются к любому прокатному стану.

Вопросы и замечания. Вместе с тем по диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

1. Как известно, при прокатке металла в горячем состоянии непрерывно протекают процессы упрочнения и разупрочнения. Из текста диссертации не совсем понятно, каким образом учитывалась данная особенность при проведении компьютерного моделирования.

2. В тексте диссертации на стр. 188 представлены факторы и уровни их варьирования для проведения компьютерного моделирования с применением методики планирования многофакторного эксперимента по методу случайного баланса. На стр. 85 указано, что диаметры вертикальных валков составляют 800 мм. Исходя из текста диссертации явно не следует за счет чего предлагается варьировать расчетными значениями сил прокатки от обжатия вертикальными валками при разработке технологии прокатки в уравновешенных четырехвалковых калибрах. Только за счет обжатия?

3. В разработанных скоростных режимах прокатки в группе тандем (стр. 162), за счет постоянной частоты вращения горизонтальных валков действительно исключается момент динамический стана. Однако при захвате металла в четырехвалковых калибрах потребуется разгон вертикальных не приводных валков в момент захвата полосы. В связи с этим вопрос, как влияет момент динамический от вертикальных валков в предлагаемых скоростных режимах?

4. Одним из дефектов НЛЗ является центральная пористость, которая может исследоваться при прокатке. Как показали исследования при моделировании изменение этого дефекта при его максимальном развитии при прокатке трамвайных рельсов происходит его устранение, что подтверждено результатами оценки макроструктуры опытных образцов. Однако, кроме центральной пористости в сечении НЛЗ имеется другой дефект – осевая ликвация, которая также может наследоваться в прокате. Не случайно поэтому в ГОСТе на железнодорожные рельсы введены требования по структурной неоднородности в головке – отсутствие мартенситно-бейнитных участков. Проводилась ли оценка влияния технологических режимов деформации на перераспределение этого типа дефекта при формировании асимметричного профиля головки, особенно в области выдавливания «жёлоба», то есть в зоне перехода от головки к «губе». Образование сдвиговых структур в тонких сечениях рельса даже при охлаждении на воздухе может негативно сказываться на эксплуатационной надежности изделия.

5. Из текста и рисунков диссертации и автореферата следует, что моделирование процесса деформации и исследования проводили в основном для трамвайного рельса РТ62 по ГОСТ Р 55941. В ГОСТе на трамвайные рельсы имеются несколько типов рельсов, отличающихся по назначению, геометрическим параметрам, точности и др. Не ясно для каких типов рельсов проведены расчетные и экспериментальные исследования и если не для всех могут ли они быть распространены на все виды представленных в ГОСТе трамвайных рельсов?

Перечисленные вопросы и замечания скорее носят рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным в Положении о порядке присуждения ученых степеней. В диссертационной работе Сметанина Сергея Васильевича «Развитие теоретических и технологических основ прокатки асимметричных рельсовых профилей на станах с группой тандем» изложены научно обоснованные технические и технологические решения которые внедрены в рельсобалочном цехе крупнейшего металлургического предприятия нашей страны по производству рельсов.

Диссертация Сметанина С.В. выполнена технически грамотно, на современном научном уровне и соответствует паспорту специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением (пункты 1, 2, 6), является самостоятельной законченной научно-исследовательской работой, содержащей научную новизну, теоретическую и практическую значимость, а так же новое решение актуальной научно-практической задачи – развитие теоретических основ, разработка и внедрение энерго- и ресурсосберегающей технологии прокатки асимметричных рельсовых профилей на станах с группой тандем, имеющая экономический эффект и вносящая существенный вклад в развитие страны.

Диссертационная работа «Развитие теоретических и технологических основ прокатки асимметричных рельсовых профилей на станах с группой тандем» по общему объему выполненных исследований и полученных результатов, научной новизне, актуальности и практической значимости соответствует всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней предъявляемых к докторским диссертациям, а ее автор Сметанин Сергей Васильевич заслуживает присуждение ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением.

Официальный оппонент:

Директор Научного центра качественных сталей ГИЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», д.т.н., профессор

Г.А. Филиппов

Подпись Филиппова Г.А. заверяю:

Ученый секретарь ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», к.т.н.

Т.П. Москвина



Филиппов Георгий Анатольевич

Государственный научный центр Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», Директор Научного центра качественных сталей, доктор технических наук, профессор. Наименование специальности, по которой защищена диссертация 2.6.1 (05.16.01) – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Контактные данные:

Почтовый адрес: 105005, г. Москва, ул. Радио, дом 23/9, стр.2

тел.: +7 (495) 777-93-01

e-mail: chermet@chermet.net

Я, Филиппов Георгий Анатольевич, даю согласие на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени доктора технических наук Сметанина С.В. и их дальнейшую обработку.