

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Шварца Данила Леонидовича «Разработка теоретических основ и обоснование основных технологических решений процесса прокатки железнодорожных рельсов на универсальных рельсобалочных станах», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Актуальность темы диссертации

Диссертация Д.Л. Шварца направлена на решение научно-технической проблемы создания научных основ, разработки и научного обоснования основных технологических решений процесса прокатки железнодорожных рельсов на современных универсальных рельсобалочных станах.

Процесс прокатки железнодорожных рельсов с применением универсальных калибров получил развитие в нашей стране сравнительно недавно. Поэтому разработка теории такого процесса и научное обоснование технологических решений, обеспечивающих получение железнодорожных рельсов высокого качества, является важной народно-хозяйственной задачей. Поэтому тему диссертационной работы Д.Л. Шварца следует считать актуальной. Актуальность темы подтверждается включением ее в Федеральную целевую программу «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» в рамках проекта «Разработка новой комплексной металлургической технологии производства высококачественных стальных изделий массового назначения», в госбюджетные НИР УрФУ и хоздоговорные работы, проводимые по заказам АО "ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат" и ТОО «Актюбинский рельсобалочный завод».

Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, 8 глав, заключения, списка литературы из 207 наименований, содержит 91 рисунок, 25 таблиц, изложена на 301 странице машинописного текста, включая 4 приложения. Во введении дано обоснование актуальности темы диссертации, выделены научная новизна и практическая значимость работы и представлена ее структура.

Первая глава является обзорной. В ней представлен аналитический обзор по тематике научно-технической проблемы, решаемой в рамках диссертационной работы. Выполнен анализ состояния и развития теории и технологии производства железнодорожных рельсов на современных рельсобалочных станах, а также методов расчета технологических параметров прокатки рельсов. На основе проведенного анализа сформулирована цель работы и определены задачи, которые необходимо решить для ее достижения.

В последующих главах диссертации представлено решение поставленных задач.

Вторая глава посвящена теоретическому исследованию процесса прокатки рельсового профиля в универсальных калибрах. На основе применения вариационного принципа минимума полной мощности и современных программно-вычислительных средств поставлена и решена задача по определению параметров формоизменения металла, кинематики процесса и энергозатрат при прокатке рельсов в универсальных калибрах. Разработана математическая модель формоизменения и энергосиловых параметров при прокатке рельсового профиля в универсальном четырехвалковом калибре. Установленные закономерности описаны инженерными формулами.

В третьей главе рассмотрены на основе анализа промышленных калибровок валков, разработана единая блочная структурная схема, позволяющая описать практически все известные рельсовые калибровки. Показано, что предложенная структурная схема позволяет формировать множество различных вариантов схем калибровок. Сформулированы рекомендации по выбору рациональной схемы в зависимости от состава оборудования стана и требований, предъявляемых к технологическому процессу. Представлена научно обоснованная методика расчета формоизменения металла при прокатке в универсальных и черновых рельсовых калибрах. Сформулированы рекомендации по расчету и конструированию подготовительных тавровых калибров.

В четвертой главе представлены результаты исследования некоторых характерных особенностей прокатки рельсов в универсальных калибрах. С применением МКЭ-моделирования в программном комплексе Deform-3D

исследован процесс входа рельсового раската в универсальный калибр. Качественно оценены силовые воздействия рельсового раската и вводных направляющих линеек.

Выполнено теоретическое исследование условий входа рельсового раската в универсальный калибр, по результатам которого сформулированы условия захвата рельсового раската валками универсальной клетки. Рекомендовано при проектировании режимов прокатки рельсов учитывать сформулированное ограничение по условиям захвата раската в универсальных клетях.

На уровне изобретения разработан новый способ прокатки рельсов в универсальных калибрах, отличающийся от известных способов тем, что прокатка в универсальных калибрах ведется с последовательно расширяющейся шейкой. Показано, что прокатка по новому способу позволяет улучшить условия захвата, стабилизировать положения полосы в валках, устранить искривления полосы при входе в очаг деформации, а также снизить расход электроэнергии на прокатку.

В программном комплексе Deform-3D выполнено исследование формоизменения металла при прокатке рельсового профиля в универсальном калибре. Статистической обработкой результатов получены аналитические зависимости, описывающие криволинейную форму головки и подошвы рельсового профиля. С учетом этих зависимостей сформулированы рекомендации по назначению обжатий во вспомогательных двухвалковых калибрах.

В пятой главе представлена математическая модель и методика расчета рационального скоростного режима прокатки в непрерывно-реверсивных группах клеток современных универсальных рельсобалочных станов. Разработанная математическая модель опробована в системе автоматического управления электроприводом непрерывно-реверсивной группы клеток при освоении нового универсального рельсобалочного стана на ОАО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат». Опыт производства рельсов на УРБС ОАО «ЕВРАЗ-ЗСМК» показал работоспособность разработанной модели в производственных условиях.

Шестая глава посвящена исследованиям температурных режимов и энергосиловых параметров прокатки с применением универсальных рабочих клетей. Разработана методика моделирования температурного поля и напряженно-состояния при прокатке длинномерных рельсов в программном комплексе Deform-3D. Определены закономерности изменения температуры металла и интенсивности главных напряжений по длине и элементам прокатываемого рельса.

Разработана математическая модель, позволяющая оперативно рассчитывать температуру любого элемента рельсового профиля по длине чистового раската с целью управления режимом последующей термообработки. По результатам исследований на уровне изобретения предложен новый способ термообработки длинномерных рельсов. Разработана методика расчета энергосиловых параметров прокатки рельсов в универсальных калибрах,

В седьмой главе разработан общий алгоритм проектирования рациональных калибровок валков и технологических режимов прокатки рельсов на универсальном рельсобалочном стане.

В восьмой главе представлено использование результатов диссертационной работы. Разработанные методики и алгоритмы проектирования технологических режимов прокатки длинномерных железнодорожных рельсов на универсальном рельсобалочном стане применены при разработке технологического задания на реконструкцию рельсобалочного стана АО «ЕВРАЗ-НТМК». Основные положения диссертации использованы при разработке технологии прокатки рельса Р65 в условиях рельсобалочного цеха ТОО «Актюбинский рельсобалочный завод» (г. Актобе, Республика Казахстан). По разработанным методикам и алгоритмам выбраны рациональные схемы прокатки, разработана калибровка валков и технологические параметры прокатки.

В целом материал диссертации изложен в правильной логической последовательности и достаточно полно отражает содержание большой научно-исследовательской работы.

Новизна и достоверность научных положений и результатов диссертации

Существенной научной новизной обладают следующие результаты диссертации:

- впервые разработана математическая модель формоизменения и энергосиловых параметров при прокатке рельсового профиля в универсальном четырехвалковом калибре;
- выявлены закономерности формоизменения металла и силовых воздействий при равномерной деформации профиля рельсового раската в универсальном четырехвалковом калибре. Установленные закономерности описаны инженерными формулами;
- разработан научно обоснованный метод расчета формоизменения металла при прокатке в рельсовых калибрах;
- математически сформулированы условия захвата рельсового раската валками универсальной клетки;
- разработана математическая модель и методика расчета рационального скоростного режима прокатки в непрерывно-реверсивных группах клеток современных универсальных рельсобалочных станов;
- разработана методика моделирования температурного и напряженного состояния при прокатке длинномерных рельсов и выявлены закономерности изменения температуры металла по длине и элементам прокатываемого рельса;
- предложена методика расчета энергосиловых параметров прокатки рельсов в универсальных калибрах.

Указанные выше разработки являются **достоверными**, так как базируются на применении современных методик теоретического исследования формоизменения металла и энергосиловых параметров процессов прокатки.

Практическая значимость полученных результатов

Практическую значимость представляют такие разработки автора как:

- новая методика проектирования калибровок валков и технологических режимов при прокатке железнодорожных рельсов в универсальных калибрах;
- алгоритм расчета калибровок валков для прокатки рельсов на современном универсальном рельсобалочном стане с определением скоростного и температурного

режимов, расчетом энергосиловых параметров прокатки и проверкой ограничений режимов деформации;

- математическая модель расчета температуры элементов рельсового профиля по длине чистового раската, позволяющая оперативно рассчитывать температуру любого элемента по длине полосы с целью управления режимом последующей термообработки, а также новый способ термообработки длинномерных рельсов, позволяющий повысить прямолинейность закаленного рельса;

- новый способ прокатки рельсов в универсальных калибрах, позволяющий улучшить условия захвата, стабилизировать положение полосы в валках, устранить искривления полосы при входе в очаг деформации, а также снизить расход электроэнергии на прокатку;

- калибровка валков, рациональный скоростной режим и силовые параметры процесса прокатки на универсальном рельсобалочном стане запроектированные в рамках технологического задания на реконструкцию рельсобалочного стана АО «ЕВРАЗ-НТМК»;

- калибровка валков, рациональные технологические режимы прокатки, а также комплекты рабочей технической документации, разработанные для ТОО «Актюбинский рельсобалочный завод».

Замечания и вопросы по диссертации

1. В диссертации с использованием пакета Deform-3D определены закономерности изменения интенсивности главных напряжений (напряжений по Мизесу) по длине и элементам прокатываемого рельса. Установлено, что неоднородность температурных полей вызывает соответственно существенную неравномерность распределения интенсивности главных напряжений в элементах рельсового профиля в поперечном сечении. Однако напряжение по Мизесу не позволяет оценить полную схему напряженного состояния металла в очагах деформации с горизонтальными и вертикальными валками универсальной клетки с позиции получения качественного проката. Для этой цели следовало поставить и решить объемную задачу упруго-пластичности методом конечных элементов с использованием пакета ANSYS, что позволило бы определить закономерности

распределения нормальных и касательных напряжений по контуру и элементам рельсового профиля в поперечном сечении, установить зоны сжимающих и растягивающих напряжений, а по величине и характеру распределения касательных напряжений оценить неравномерный износ торцевых поверхностей горизонтальных валков.

2. В настоящее время рельсы производят в основном из непрерывнолитой заготовки, которая имеет дефекты литейной природы, в частности осевую пористость. В диссертации отмечается, что разрезка непрерывнолитой прямоугольной заготовки со стороны подошвы приводит к смещению осевой пористости в сторону подошвы, в результате в готовом рельсе остатки осевой пористости наблюдаются только в шейке. Для доказательства этого вывода и оценки проработки литой структуры непрерывнолитой заготовки, особенно при формировании в разрезных калибрах обжимной клетки, целесообразно было поставить и решить задачу определения напряженно-деформированного состояния металла в очаге деформации при формировании чернового рельсового профиля методом конечных элементов в объемной постановке с использованием пакета ANSYS, что позволило бы обоснованно установить закономерности течения металла и распределения нормальных и касательных напряжений в очаге деформации рельсового профиля и оценить проработку литой структуры.

3. Валки универсальной клетки при прокатке рельсов с высокой (до 10 м/с) скоростью работают в тяжелых условиях эксплуатации, поскольку при обжатии раската в них возникают напряжения от усилия прокатки и температурной нагрузки, а при охлаждении валков водой в них возникают высокие растягивающие напряжения. Такая циклическая знакопеременная нагрузка приводит к образованию сетки разгара на контактной поверхности валков и, как следствие, снижению их стойкости. Однако в работе не рассмотрен вопрос стойкости валков универсальных клеток. При этом в литературе имеются работы по определению напряженного состояния системы валки - полоса, в частности при прокатке широкополочных балок в валках универсальных клеток, где поставлены и решены методом конечных элементов с использованием пакета ANSYS задачи определения напряжений в очаге деформации непрерывнолитой

двухвалковой заготовки и суммарных напряжений в вертикальных и горизонтальных валках от усилия прокатки и температурной нагрузки, что позволило обоснованно выбрать материал валков и систему их охлаждения с целью повышения стойкости.

4. В п. 6.1.4 предложен новый способ термоупрочнения рельсов, предполагающий упругое растяжение концов рельса с напряжениями растяжения $\sigma_p = (0,7 \div 0,9)\sigma_T$. Чем обоснован выбор именно такого уровня напряжений растяжения?

Оформление диссертации. Публикации по работе

Диссертация написана грамотно и весьма аккуратно оформлена с применением современных компьютерных средств и в соответствии с требованиями к материалам, направляемым в печать.

Материалы диссертации достаточно полно опубликованы в 20 печатных трудах, из которых 13 статей опубликованы в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ, 5 статей вошли в базу данных SCOPUS и 2 – в базу WEB OF SCIENCE; получено три патента РФ на изобретения. Результаты исследований апробированы на международных конференциях.

Автореферат правильно отражает основное содержание диссертации.

Заключение

Высказанные выше критические замечания не снижают новизны и ценности результатов, не опровергают основных научных положений и результатов диссертации и не оказывают решающего влияния на общую положительную оценку диссертационной работы.

Диссертация Д.Л. Шварца является научной квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые, научно обоснованные теоретические и технологические решения по прокатке железнодорожных рельсов на универсальных рельсобалочных станах, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие теории и технологии прокатного производства.

Рассмотренная диссертация соответствует паспорту специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Шварц Данил Леонидович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Официальный оппонент

доктор технических наук, профессор,

профессор кафедры инжиниринга

и профессионального обучения

в машиностроении и металлургии _____ Олег Степанович Лехов

29.04.19

Подпись Лехова Олега Степановича заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета

ФГАОУ ВО «РГППУ» _____

М.М. Кириллова



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный профессионально-педагогический университет»

620012, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11

Тел.: +7 (343) 338 - 44 - 47

E-mail: mail@rsvpu.ru