УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор
ОАО «Уральский институт металлов»

_Ерцев Александр Юрьевич
«14» 09 2015 г.

Отзыв

ведущей организации ОАО «Уральский институт металлов»
на диссертационную работу Непряхина Сергея Олеговича «Развитие теории и совершенствование технологических режимов прокатки двутавровых профилей в универсальных калибрах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.16.05 – Обработка металлов давлением

Актуальность темы диссертации

Представленная диссертационная работа направлена на решение актуальной научно-технической задачи совершенствования теории и технологии прокатки двутавровых профилей в универсальных калибрах. Актуальность проведения такой работы связана с необходимостью освоения новых универсальных рельсобалочных станов, включающих непрерывно-реверсивные группы тандем универсальных четырехвалковых клетей и позволяющих выпускать широкий сортамент экономичных и высококачественных двутавров.

Современное состояние теории прокатки в универсальных калибрах характеризуется применением эмпирических формул и методов соответственной полосы и не может служить основой для создания научно обоснованной методики расчета технологических режимов прокатки двутавровых профилей на новых универсальных рельсобалочных станах. Поэтому разработка новой теории на основе фундаментальных положений механики деформируемого тела и современных математических методов и программных средств является **актуальной** задачей.

Работа проводилась в соответствии со следующими государственными планами и программами: «Разработка научных основ физики и механики

Вх. №05-19/1-754
от 18.09.15 г.

обработки металлов давлением с целью создания энерго– и ресурсосберегающих инновационных технологий производства металлургической продукции ответственного назначения» (государственное задание в сфере научной деятельности); «Создание новых технологических процессов, машин и систем автоматизированного проектирования в области обработки металлов давлением на основе современных достижений механики, прикладной математики и информатики» (программа Минвуза РФ); «Инновационные технологические процессы обработки металлов давлением» (Президентская программа повышения квалификации инженерных кадров).

Основное содержание диссертации

Материал диссертации изложен во введении и 4-х главах. Во введении обоснована актуальность темы диссертации и дана общая характеристика.

В первой главе представлен аналитический обзор по теме диссертации. Проведен достаточно глубокий анализ развития теории, технологии и оборудования при производстве двутавровых профилей. В результате сформулирована цель и определены задачи диссертационной работы.

Вторая глава посвящена теоретическим исследованиям. На основе применения вариационного принципа минимума полной мощности и современных программно-вычислительных средств поставлена и решена задача по определению формоизменения металла и энергосиловых параметров при прокатке в универсальных балочных калибрах. В результате численного решения этой задачи определены закономерности изменения обжатия и приращения фланцев, а также энергетических затрат в зависимости от изменяющихся исходных условий прокатки. На основе анализа физических уравнений связи напряженного и деформированного состояния металла в очаге деформации универсального калибра разработан новый метод расчета контактного давления. Установленные закономерности формоизменения и энергосиловых параметров представлены в виде системы инженерных формул. Проведена проверка полученных формул по экспериментальным данным.

В третьей главе на основе результатов решения теоретических задач разработана новая, научно обоснованная методика проектирования калибровки валков и технологических режимов прокатки двутавров на

современных универсальных рельсобалочных станах. При этом для определения отдельных характерных параметров калибровки (число универсальных калибров, распределение вытяжки и т.п.) получены формулы в результате статистического анализа производственных данных. Составлен алгоритм расчета формоизменения и энергосиловых параметров прокатки в непрерывно-реверсивных группах тандем. Разработана методика расчета скоростных и температурных полей и НДС металла в элементах профиля с использованием программного комплекса «Deform-3D». На уровне заявки на изобретение разработан новый способ прокатки двутавров в непрерывно-реверсивных группах клетей современного универсального рельсобалочного стана.

В четвертой главе диссертации представлен пример применения созданной методики для проектирования калибровки валков и технологического режима прокатки двутаврового профиля №35Б2 в условиях универсального рельсобалочного стана Челябинского металлургического комбината (ОАО «Мечел»). В результате разработана калибровка валков непрерывно–реверсивной группы тандем, характеризуемая равномерной деформацией металла (одинаковыми коэффициентами вытяжки) по шейке и фланцам в каждом универсальном калибре. Рассчитаны скоростные и динамические режимы прокатки по разработанной калибровке, проведено компьютерное моделирование температурных полей и напряженно–деформированного состояния металла в программном комплексе Deform–3D. Определены закономерности изменения температуры, напряженного и деформированного состояния металла в поперечных сечениях и по длине раскатов. Показано, что деформированное состояние металла характеризуется равенством интенсивности деформаций по шейке и фланцам профиля, что является следствием исходного условия о равенстве коэффициентов вытяжки этих элементов и доказывает необходимость применения этого критерия в расчетах калибровок валков.

Показано, что разработанная калибровка удовлетворяет всем ограничениям и может быть реализована на рассматриваемом стане.

В целом представленный материал достаточно полно отражает содержание большой и завершенной научно-исследовательской работы, выполненной на высоком научном уровне.

Значимость для развития теории обработки металлов давлением представляют следующие разработки диссертанта:

– математическая модель численного решения вариационных задач по определению формоизменения металла и энергосиловых параметров при прокатке двутаврового профиля в универсальном балочном калибре с получением равномерной деформации (одинакового коэффициента вытяжки) по стенке и фланцам; в отличие от известных решений разработанная модель позволяет при заданном коэффициенте вытяжки рассчитать обжатие и приращение фланцев прокатываемого профиля;

– закономерности изменения характеристик формоизменения и энергетических затрат при прокатке в универсальных калибрах сортовых и рельсобалочных станов при изменении исходных условий прокатки в широких пределах, соответствующих промышленным прокатным станам;

– новый метод расчёта контактных давлений и усилий прокатки в универсальном балочном калибре, основанный на использовании физических уравнений связи напряженного и деформированного состояния металла в очаге деформации;

– система инженерных формул для расчёта формоизменения металла (обжатие и приращение фланцев) и энергосиловых параметров (контактные давления, силы, крутящий момент и др.), а также для определения основных параметров калибровки валков универсальных балочных станов;

– методика и результаты определения температурного и напряженно-деформированного состояния металла в элементах двутаврового профиля методом конечных элементов с использованием программного комплекса «Deform-3D».

Ценность для практики составляют следующие результаты диссертации:

– новая методика проектирования калибровок валков и технологических режимов при прокатке двутавровых профилей в универсальных калибрах, обеспечивающая получение равномерной деформации металла по элементам прокатываемого профиля и высокое качество двутавров;

– алгоритм расчёта калибровок валков непрерывно–реверсивных групп клетей тандем современных универсальных рельсобалочных станов с

определением скоростного и температурного режима прокатки, проверкой ограничений и моделированием в программном комплексе Deform–3D;

– новый способ прокатки двутавровых профилей в непрерывно–реверсивной группе тандем универсальных рельсобалочных станов согласно заявке на изобретение № 2014130562 от 22.07.2014;

– пример расчёта по разработанной методике калибровки валков и технологического режима прокатки двутавра №35Б2 в непрерывно–реверсивной группе тандем универсального рельсобалочного стана Челябинского металлургического комбината (УРБС ЧМК);

– способ регулируемого охлаждения наружных граней полок с целью снижения температурной неоднородности металла в поперечном сечении профиля.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Указанные выше разработки, имеющие практическую ценность (методика и алгоритмы расчета калибровки валков, предложенные способы и схемы прокатки, результаты моделирования технологических процессов и т.п.) рекомендуется использовать на осваиваемых универсальных рельсобалочных станах Западно-Сибирского («ЕВРАЗ-ЗСМК») и Челябинского (ОАО «Мечел») металлургических комбинатов, а также при проектировании и строительстве новых универсальных рельсобалочных станов.

Все результаты и научные положения диссертации целесообразно использовать в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Металлургия», а также при повышении квалификации инженеров по специальности «Обработка металлов давлением».

Критические замечания

1. Новый метод определения среднего контактного давления (см. п. 2.6 диссертации), разработанный на основе анализа физических уравнений связи напряженного и деформированного состояния металла в очаге деформации, предложен как альтернатива известному инженерному методу, полученному в результате совместного решения уравнений равновесия с уравнением пластичности. Однако в диссертации не показано, каковы конкретные преимущества этого нового метода по сравнению с известным инженерным методом в реальных практических расчетах.

2. Полученные в результате компьютерного моделирования температурные режимы прокатки (см. рис. 4.10, 4.11) и показатели напряженного и деформированного состояния металла (см. рис. 4.13, 4.14), а также расчетные эпюры температурных полей, полей интенсивности напряжений и деформаций (см. рис. 4.9, приложение 3) не проверены по экспериментальным данным. Возникает вопрос, какова достоверность этих показателей.

Заключение

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности рассмотренной диссертационной работы, не оказывают решающего влияния на ее общую положительную оценку.

Диссертация Непряхина С.О. является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных исследований решена актуальная задача совершенствования теории и технологии прокатки двутавровых профилей на основе применения фундаментальных положений механики деформируемого тела и современных математических методов и программных средств. Диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Непряхин Сергей Олегович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Диссертация обсуждена на заседании научно-технического совета ОАО «Уральский институт металлов» (протокол № 4 от 14.09.2015 г.).

Научный руководитель института,
академик РАН, профессор,
доктор технических наук — Леонид Андреевич Смирнов

Заведующий отделом
обработки металлов давлением,
кандидат технических наук — Григорий Павлович Перунов

Ученый секретарь
научно-технического совета,
кандидат технических наук — Александр Игнатьевич Селетков

620219, г. Екатеринбург, ГСП 174, ул. Гагарина, д.14. Тел. 8 (343) 374-03-91.
E-mail: uim@ural.ru, www.uim-stavan.ru