

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе Широкова Вячеслава Вячеславовича на тему: «Разработка методики расчёта скоростных режимов прокатки труб на непрерывных раскатных станах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 - «Обработка металлов давлением»

Для достижения поставленной цели разработать универсальную методику расчета скоростных режимов оправочной прокатки труб на непрерывном стане автор диссертации продемонстрировал глубокие знания основных разделов теории обработки металлов давлением: постановку и решение краевой задачи энергетическим методом с учетом особенностей процесса непрерывной прокатки, закономерностей трения на контактной поверхности заготовки и инструмента деформации, а также процесса упрочнения металла; корректное выполнение физического и компьютерного моделирования исследуемого процесса. В.В. Широков при разработке математической модели процесса прокатки профессионально применил численные методы, аппарат математической статистики, рациональное структурирование программы для достижения ее универсальности и лучшей адаптации при исследовании оптимизации промышленной технологии.

Структура, объем и содержание диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, выводов, изложена на 171 странице машинописного текста, включающего 54 рисунка, 28 таблиц с экспериментальными и расчётными данными, список литературы и патентов из 94 наименований отечественных и зарубежных авторов и четыре приложения. Информация, приведённая в автореферате, соответствует основному содержанию диссертации и даёт полное представление о её научных положениях, результатах и основных выводах.

Во введении обоснована актуальность работы, связанная с повышением точности горячедеформированных труб за счет определения научно обоснованных рациональной калибровки валков, скоростного режима

прокатки и корректирующей настройки инструмента при работе непрерывного стана. По мнению автора это стало возможным благодаря предложенной в диссертации математической модели процесса раскатки труб на длинной оправке.

В первой главе представлен аналитический обзор литературы и патентов по вопросам известных методик расчёта геометрических и кинематических параметров очага деформации, особенностей непрерывной прокатки труб в многоклетьевом стане, методик расчета калибровки валков и скоростных режимов прокатки, результатов исследования разностенности труб и способов повышения их точности, а также способов автоматического управления технологическим процессом прокатки. На основании проведенного анализа сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе представлены результаты математического моделирования процесса непрерывной прокатки труб. автором высказана идея описать поверхность ручья валка в очаге деформации радиусом R_x , значение которого зависит от координаты z , угловой координаты φ , определяется величиной обжатия в соответствии с принятой калибровкой инструмента. Расчеты для конкретной калибровки предлагается осуществлять в отдельной подпрограмме. Идея продемонстрирована на примере двухрадиусной калибровки ручья валка и предложены алгоритмы расчета коэффициента вытяжки и длины контактной поверхности заготовки с валками и оправкой. В рамках принятых допущений о осесимметричности очага деформации и справедливости гипотезы плоских сечений найдено виртуальное поле скоростей, компоненты тензора и интенсивность скорости деформации сдвига.

Для определения координаты нейтральной линии по вершине калибра z_γ и значения секундного объема V_c , решено уравнение энергетического баланса. После чего для заданного уровня межклетьевых напряжений рассчитаны скорости вращения валков, либо межклетьевые напряжения при заданных значениях оборотов валков.

Для оперативного расчёта скоростного режима прокатки созданы программы для ЭВМ для двух и трехвалковых станов с удерживаемой и

плавающей оправками. Программа была использована для анализа скоростных режимов прокатки труб на непрерывных станах компании IPSCO (США) и ПАО «Волжский трубный завод».

В третьей главе представлены результаты физического и компьютерного моделирования процесса прокатки заготовки на плавающей оправке. Основная цель моделирования заключалась в проверке адекватности математической модели путем сравнения коэффициентов вытяжки и секундных объёмов, коэффициента и скорости прокатки, рассчитанных по разным методикам. результаты проверки были положительные, а методика расчета технологических параметров с использованием математической модели рекомендована для исследования процесса прокатки. Отмечено существенное преимущество предложенной методики расчета и программного обеспечения, связанное с быстродействием.

В четвертой главе представлены результаты статистического анализа исследования разностенности труб на трубопрокатном агрегате с непрерывным станом компании IPSCO. Измерение толщины стенки гильзы и трубы осуществлялись с помощью радиоизотопного толщиномера. В результате был выявлен циклический характер изменения поперечной разностенности по длине трубы, характерный для процесса винтовой прошивки заготовок. Установлен факт повышения относительной разностенности черновой трубы по сравнению с гильзой, вызванный увеличением огранки труб или долей симметричной разностенности труб после прокатки на непрерывном стане. Сравнительный анализ разностенности труб в зависимости от калибровки валков и скоростных режимов прокатки подтвердил целесообразность поиска оптимальной технологии.

После каждой главы и в целом по диссертационной работе сделаны выводы, позволяющие судить об актуальности, научной новизне, практической значимости, ценности для теории и инжиниринга продольной прокатки труб на длинной оправке.

Актуальность диссертационной работы

В мировой практике трубопрокатного производства ТПА с непрерывным станом занимают доминирующее положение. Конструктивные различия клетей непрерывных станов, применение способов прокатки труб на плавающей и удерживаемой оправке, калибровки ручья валков, многоклетьевые натяжения (подпоры), обеспечиваемые скоростным режимом валков, а также инженерные решения по управлению процессом прокатки обуславливают актуальность теоретического исследования, разработки новых технических решений совершенствования и оптимизации процесса непрерывной прокатки труб. В.В. Широков в результате аналитического обзора литературы и патентов сформулировал актуальную задачу разработать математическую модель, создать программу для расчета технологических параметров процесса прокатки, выполнить анализ технологии непрерывной прокатки труб на двух трубопрокатных агрегатах и добиться улучшения технико-экономических показателей производства горячедеформированных труб.

Научная новизна, ценность основных положений и выводов диссертации для развития теории продольной прокатки труб на оправке заключается в следующем:

- для симметричного очага деформации разработана универсальная методика описания поверхности ручья валка с произвольной калибровкой и регулируемым межвалковым зазором, предложены алгоритмы расчета коэффициента вытяжки и длины контактной поверхности заготовки с валком и оправкой;

- для случая осевой симметрии очага деформации и справедливости гипотезы плоских сечений найдено виртуальное поле скоростей, компоненты тензора скорости деформации и интенсивность скорости деформации сдвига при продольной оправочной прокатке;

- на основе решения уравнения баланса мощности, основных положений теории непрерывной прокатки и универсальной методики расчета геометрических параметров очага деформации разработан алгоритм и

составлена программа для расчета скоростных режимов прокатки труб и межклетевых напряжений на непрерывном стане;

- результаты физического и компьютерного моделирования процесса прокатки, полученные автором, и сравнение значений коэффициентов вытяжки и секундных объемов, коэффициентов опережения и скорости прокатки, рассчитанных по различным методикам, подтверждают достоверность расчетов по предложенной математической модели;

- в результате промышленного эксперимента установлены следующие закономерности изменения разностенности труб: выявлен циклический характер изменения поперечной разностенности по длине трубы, характерный для процесса винтовой прошивки заготовок; показатель абсолютной разностенности у черновой трубы в 1,5 раза меньше, чем у гильзы, но показатель относительной разностенности у черновой трубы в 1,4 раза больше, чем у гильзы.

Практическая значимость:

- разработана методика и компьютерная программа, позволяющая осуществлять расчёт непрерывного стана с учетом межклетевых натяжений (свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012613142, № 2010613824 и № 2012613141).

- новые технические и технологические решения опробованы на заводах: IPSCO Koppel Tubulars L.L.C. в городе Эмбридж, штат Пенсильвания, США и АО «Волжский трубный завод».

- результаты работы используются при обучении студентов по направлению «Металлургия» и профилю «Обработка металлов давлением».

Достоверность полученных результатов.

Подтверждением достоверности результатов исследований, приведенных в диссертационной работе, является статистически значимая сходимість теоретических и экспериментальных данных, а также реализация безаварийных опытно-промышленных прокаток в условиях завода IPSCO Koppel Tubulars L.L.C.

Материалы диссертации соответствуют заявленному паспорту специальности, основные положения работы доложены и обсуждены на

научных и научно-практических конференциях различного уровня. Результаты исследования широко опубликованы в научных изданиях, в том числе шесть статей опубликовано в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Автореферат диссертации полностью отражает её содержание.

Замечания по диссертационной работе

При ознакомлении с диссертацией и авторефератом возникли следующие вопросы и замечания:

1. Как при заданных значениях оборотов валков непрерывного стана рассчитать межклетьевые напряжения? Или наоборот как при заданных межклетевых напряжениях рассчитать скорости вращения валков? Как оценить влияние изменения скорости валков на одной из клеток на режим натяжения и скорости валков в других клетях непрерывного стана? В диссертации об этом говорится, но понять алгоритм расчета трудно.

2. Решение уравнения баланса мощностей осуществлялось для идеально-пластической среды. Но в описании программы расчета говорится о подпрограмме расчета температуры и сопротивления деформации. Нет ли здесь противоречия?

3. Как использованы теоретические достижения для анализа влияния технологических факторов на точность труб?

4. Какие инженерные решения получили промышленную апробацию, а какие - внедрение?

5. При определении составляющих энергетического уравнения N_0 , N_{T0} , N_s и N_{Tc} необходимо различить зоны отставания и опережения, как их находить? В диссертации этого нет. В формуле 22.27 у составляющих N_n и N_v неправильно указаны знаки.

6. Алгоритм расчета размеров очага деформации разработан на использовании геометрических соотношений и не учитывает формоизменение металла, а толщина стенки трубы в выпуске калибра принята равной толщине стенки в вершине калибра в предыдущей клетки; очаг деформации рассмотрен только для одного сечения и симметричен относительно большой и малой осей, поэтому исключается возможность учесть влияние исходной разностенности заготовки;

7. Для определения виртуального поля скоростей используются гипотезы плоских сечений и осевой симметрии очага деформации, не соответствующие истинному формоизменению металла при прокатке.

8. Для определения коэффициента опережения и критического угла в вершине калибра использована формула из теории тонколистовой прокатки, это не позволяет рассчитать катающий радиус в калибре.

Общее заключение по диссертационной работе

Ознакомление с содержанием и анализ результатов, изложенных В.В. Широковым в диссертационной работе, позволяют сделать вывод, что представленная к защите работа является законченным научным исследованием, в котором приведены новые научно обоснованные технические решения в области производства бесшовных труб на ТПА с непрерывным раскатным станом.

Материалы диссертации соответствуют заявленному паспорту специальности 05.16.05 - «Обработка металлов давлением».

Полученные результаты отличаются научной новизной и практической значимостью. Достоверность выводов и рекомендаций определяется использованием автором современного уровня техники, методов исследования и математической обработки экспериментальных данных, полученных по результатам физического и компьютерного моделирования, а также в период проведения промышленных исследований и опытно-промышленных прокаток.

Основные результаты исследований широко опубликованы в научных изданиях, в том числе шесть статей опубликовано в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Результаты исследований обсуждались на конференциях различного уровня, в том числе, международных. Получено три свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Некоторые результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс при подготовке студентов ФГАОУ ВО «ЮУрГУ» (НИУ).

На основании изложенного считаю, что диссертация, выполненная на тему «Разработка методики расчёта скоростных режимов прокатки труб на

непрерывных раскатных станах» соответствует критериям ВАК РФ, определённых п.п. 9, 10, 11 «Положения о присуждении учёных степеней» к работам на соискание учёной степени кандидата технических наук, и, несмотря на наличие замечаний, её автор, Широков Вячеслав Вячеславович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 - «Обработка металлов давлением».

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор
18.01.2017 г.

А.А. Богатов

Богатов Александр Александрович
доктор технических наук, профессор
ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого
Президента России Б.Н.Ельцина»,
Институт материаловедения
и металлургии, заведующий кафедрой
«Обработка металлов давлением».
620002, г. Екатеринбург,
Свердловская область, ул. Мира, 28
Тел.: 89222175956
E-mail: omd@urfu.ru

Подпись
заверяю



Начальник
ОБЩЕГО ОТДЕЛА УДИОВ
А.М. КОСАЧЕВА