

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Шкуратова Евгения Александровича «Оптимизация процесса непрерывной
раскатки гильз с целью повышения точности горячекатаных бесшовных
труб»

Актуальность избранной темы

На сегодняшний день трубопрокатные агрегаты с непрерывным станом получили наибольшее распространение благодаря высокой производительности, которая достигает 1 млн т/год и широкому сортаменту производимых труб (на ТПА с непрерывным станом изготавливают трубы диаметром от 16 до 426 мм и толщиной стенки от 2 до 25 мм из углеродистых, низко- и высоколегированных сталей). Следует так же отметить, что общемировой тенденцией является увеличение требований к точности готовых труб, которая во многом зависит от точности черновых труб. В этой связи одной из актуальных научно-технических проблем прокатки труб на непрерывном стане является повышение точности толщины стенки трубы и обеспечение стабильного протекания процесса раскатки. Указанная проблема может быть решена в ходе подробного изучения процесса непрерывной раскатки труб, требующего проведения теоретических исследований, компьютерного и физического моделирования, а также промышленных испытаний. Таким образом, диссертационная работа Е.А. Шкуратова, направленная на оптимизацию процесса непрерывной раскатки гильз с целью повышения точности горячекатаных бесшовных труб, является актуальной.

Структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и выводов, изложена на 166 страницах машинописного текста, включающего 63 рисунка, 16 таблиц, список использованных источников из 152 наименований отечественных и зарубежных авторов, 5 приложений.

Во введении представлено обоснование актуальности темы диссертационной работы, показана степень разработанности темы исследования, сформулированы цель и задачи исследования, описана научная новизна, показана теоретическая и практическая значимость работы, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен критический обзор известных достижений и теоретических положений, разработанных такими авторитетными учеными, как Ю.М. Матвеев, А.П. Чекмарев, Я.Л. Ваткин, Ю.И. Блинов, В.Я. Осадчий, В.Г. Зимовец, Б.А. Романцев, Г.И. Гуляев, А.П. Коликов, О.А. Пляцковский, И.Н. Потапов и др. по вопросам, связанным с особенностями технологии продольной прокатки и оборудования непрерывных раскатных станов. Представлены преимущества и недостатки процесса раскати труб на непрерывных станах с двух и трехвалковыми клетями. В главе рассмотрено влияние калибровки валков и параметров процесса раскатки на качество передельных труб. Изучены теоретические основы процесса раскатки труб на непрерывном стане. Приведена постановка задач исследования.

Во второй главе представлены теоретические исследования и оптимизация процесса прокатки труб в чистовых клетях с 3-валковыми калибрами. Приведена постановка задачи оптимизации процесса прокатки труб в чистовых клетях с 3-валковыми калибрами и разработан критерий оптимизации и управляющие параметры процесса. Разработана система ограничений на управляющие параметры процесса раскатки труб. Представлены результаты физического моделирования, на основании которых определена предельная величина овальности калибра и параметры процесса прокатки, при достижении которых наблюдается разрушение материала; закономерности уширения раската и изменения толщины стенки в выпусках калибра в зависимости от величины овальности калибра и параметров процесса прокатки. Представлены алгоритм оптимизации процесса раскатки и методика расчета параметров прокатного

инструмента. Приведены результаты численной реализации метода оптимизации в программе Deform.

В третьей главе представлены результаты экспериментального исследования процесса формирования толщины стенки труб в чистовых клетях непрерывного стана с равной величиной овальности и с овальностью предпоследнего чистового калибра меньшей овальности последнего на 4,0 %, а также выполнена проверка результатов, полученных при решении оптимизационной задачи.

В четвертой главе представлена опытно-промышленная опробация результатов исследования. Выполнено исследование характера формоизменения раската в чистовых 3-валковых калибрах. Дано описание разработанной программы Ovality2+, позволяющей рассчитывать оптимальные значения овальности калибров в чистовых клетях непрерывных станов различной конструкции, номинальные настроечные параметры процесса, а также геометрические параметры оптимальной калибровки валков. Также в главе представлены технические решения, направленные на повышение точности горячекатаных бесшовных труб. Предложена система калибров непрерывного трубопрокатного стана, включающая последовательно расположенные черновые калибры, периметр поперечного сечения и овальность которых уменьшаются в направлении к последующему калибру, и установленные за ними чистовые калибры. Предложена калибровка валков непрерывного стана, обеспечивающая повышение качества готовых труб за счёт получения равномерной толщины стенки в поперечном сечении раската и уменьшении угла охвата оправки металлом раската.

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

- с учетом ограничений процесса прокатки определено оптимальное сочетание величины овальности калибров чистовых клеток, способствующих

получению труб с минимальным доверительным интервалом изменения толщины стенки;

- разработана научно обоснованная и экспериментально подтвержденная система ограничений, накладываемых на управляющие параметры процесса прокатки в чистовых калибрах;

- определена предельная величина овальности калибров чистовых клетей, при которой раскат деформируется без разрушения материала;

- численно определена условная граница коэффициента вытяжки, при котором деформация раската осуществляется без изменения толщины стенки в выпуске чистового калибра;

- получена аналитическая зависимость для расчёта угла охвата оправки, учитывающая величину овальности калибра и параметры процесса прокатки;

- проведено ранжирование стадий осуществления захвата металла валками в чистовых калибрах, выявлены наиболее значимые факторы их определяющие;

- определена взаимосвязь между скоростью перемещения оправки и условиями захвата металла валками в чистовых калибрах.

Практическая значимость диссертационной работы:

- разработан программный комплекс «Ovality2+» имеющий двух-модульную структуру, который позволяет оперативно определять оптимальное сочетание величин овальности чистовых калибров с учетом параметров системы ограничений процесса, обеспечивающих раскатку труб с повышенной точностью и без дефектов;

- разработан, запатентован и исследован технологический инструмент, обеспечивающий на ТПА с непрерывным раскатным станом получение труб с повышенной точностью (Евразийская заявка зарегистрирована под № 201600602 от 29.08.2016 г.);

- разработан, запатентован и исследован технологический инструмент, обеспечивающий на ТПА с непрерывным раскатным станом с 3-валковыми клетями повышение качества передельных труб за счёт снижения поперечной

разнотолщинности и уменьшения угла охвата оправки металлом раската, а также способствующий снижению риска возникновения аварийных ситуаций при извлечении раската с оправки станом-извлекателем (Евразийская заявка зарегистрирована под № 201600605 от 29.08.2016 г.);

- разработан, запатентован и исследован способ производства труб и оправочный узел для его осуществления, обеспечивающий повышение эксплуатационного ресурса оправки при раскатке передельных труб в непрерывном раскатном стане, за счет увеличения количества прокатанных труб на одной оправке, улучшение качества поверхности труб и исключение аварийных ситуаций в процессе прокатки. (Международная заявка зарегистрирована под № PCT/RU2017/000296 от 10.05.2017 г.).

Методы исследования и достоверность полученных результатов

При проведении исследования технологии продольной прокатки труб на непрерывном стане с удерживаемой оправкой Е.А. Шкуратов применял современные методы и программы на ЭВМ для физического и компьютерного моделирования: лабораторный прокатный стан ОАО «РосНИТИ», имеющий клеть с 3-валковым калибром; программные комплексы Deform, КОМПАС и Mathcad. В работе выполнен сравнительный анализ теоретических и экспериментальных результатов исследования, полученных в лабораторных и промышленных условиях.

Апробация работы и публикации.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 8 печатных работах, в том числе в 5 изданиях, рекомендованных ВАК, 2 из которых входят в перечень международного цитирования Web of Science и Scopus, зарегистрированы 2 евразийские и 1 международная заявки на изобретения, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, выпущено 1 учебное пособие.

Замечания по работе

1. При разработке математической модели, описывающей формоизменение трубы в процессе прокатки, а также при разработке новой калибровки валков непрерывного стана не учитывались скоростные параметры процесса.

2. В диссертационной работе при физическом и компьютерном моделировании в программе Deform не был исследован установившийся процесс прокатки, когда труба находится во всех клетях стана, что вносит определённую погрешность в полученные результаты. Известно, что клетки непрерывного стана связаны между собой через прокатываемую трубу и оправку, и каждая клетка оказывает существенное влияние на формоизменение труб.

3. Автор даёт количественную оценку повышения точности труб при использовании «оптимальной калибровки валков» на основе результатов, полученных для сравнительно небольшой партии труб. Эта оценка может оказаться неточной при исследовании разностенности большого объема труб.

4. Автором для определения характера распределения толщины стенки за последней клетью раскатного стана в программе Deform делался скриншот поперечного сечения трубы с высоким разрешением и далее в приложении Компас-2D с учетом корректировки масштаба выполнялось измерение толщины стенки. Следует отметить, что в программе Deform есть возможность измерения толщины стенки в поперечном сечении с высокой точностью в 1000 точек по периметру трубы. При этом результаты измерения можно сохранять в формате .txt, что удобно для дальнейшей статистической обработки. Указанные возможности программы Deform позволяют избежать погрешностей связанных с масштабированием в приложении Компас-2D.

5. Известно, что для получения достоверных результатов при компьютерном моделировании процесса прокатки труб по толщине стенки трубы должно укладываться минимум три элемента. Из описательной части постановки компьютерного моделирования, не ясно было ли соблюдено это условие.

6. Автор говорит о том, что при использовании нового калибра в вершине зафиксировано увеличение показателя напряженного состояния на 1,8%, что свидетельствует о росте сжимающих напряжений. Однако из теории известно, что с ростом сжимающих напряжений показатель напряженного состояния напротив уменьшается, так как сжимающие напряжения имеют отрицательный знак.

7. Условие вторичного захвата для процесса продольной прокатки труб уже было выведено и представлено в литературе, однако в тексте диссертации оно не рассматривается.

8. Из текста диссертации видно, что площадь контактной поверхности между валком и трубой $F_{кв}$ определяется как площадь прямоугольника. Хотя из теории известно, что при прокатке труб в калибрах контактная поверхность имеет более сложную форму. Это вносит погрешность в полученные результаты.

В целом высказанные замечания не затрагивают сущности и ценности, предложенных в работе технических и технологических решений и разработанных методик исследования.

Общее заключение по работе

Диссертационная работа, подготовленная Е.А. Шкуратовым, представляет законченную научно-квалификационную работу, которая выполнена на актуальную тему и решает важные научно-технические задачи повышения точности труб по толщине стенки и обеспечения стабильности процесса раскатки.

Результаты научных исследований, выполненных автором, имеют важное теоретическое и практическое значение. Их внедрение вносит значительный вклад в повышение эффективности производства бесшовных горячедеформированных труб в России. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Диссертация Е.А. Шкуратова соответствует паспорту специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением».

Представленная диссертационная работа отвечает критериям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к кандидатским

диссертациям, а Евгений Александрович Шкуратов заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением».

Официальный оппонент

канд. техн. наук, доцент

08.11.2017

А.В. Серебряков

Серебряков Александр Васильевич

Кандидат технических наук, доцент

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Институт новых материалов и технологий, доцент кафедры «Обработка металлов давлением».

620002, Екатеринбург, Свердловская область, ул. Мира
19

тел. 89122429343

e-mail: omd@urfu.ru

Подпись Серебрякова А.В. заверено:

**УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УРФУ
МОРОЗОВА В. А.**

