

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Яковлевой Ксении Юрьевны

«Интенсификация процесса волочения холоднодеформированных труб на самоустанавливающейся оправке на основе комплексного моделирования», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением

Актуальность темы работы.

Работа посвящена перспективному способу изготовления прецизионных труб на самоустанавливающейся оправке. Способ является актуальным для изготовления труб с внутренним диаметром от 6,0 до 12,0 мм. В настоящее время наблюдается непрерывное увеличение потребности в трубной продукции данного сортамента. Сравнение с другими методами изготовления аналогичной продукции показывает очевидную эффективность данного способа – степень деформации за проход может достигать 50 % при одновременном повышении качества внутренней поверхности труб. Применение самоустанавливающихся оправок позволяет уменьшить операционное время до 40 % при переходе с одного размера труб на другой, ввиду отсутствия необходимости замены стержней, и тем самым увеличить производительность до 15 %.

Структура и содержание диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы из 133 наименований отечественных и зарубежных авторов, пяти приложений, изложена на 192 страницах машинописного текста. Графики и иллюстрации представлены на 41 рисунке, экспериментальные и расчетные данные приведены в 29 таблицах.

В **первой главе** проведен анализ современного состояния технологии процесса волочения труб, в частности, процесса волочения труб на самоустанавливающейся оправке. Исследованы факторы, влияющие на эффективность процесса оправочного волочения. Проведен анализ существующих математических моделей. Сделан вывод, что существующие аналитические модели определения напряженного состояния при волочении на самоустанавливающейся оправке не позволяют с достаточной точностью получить требуемую информацию о распределении по длине очага деформации давлений, действующих на технологический инструмент, главным образом по следующим причинам: пренебрежение реальным характером упрочнения металла, допущение равенства давлений на волоку и оправку, использование неактуальной справочной информации о величине коэффициента трения.

На основе анализа приведённых данных, автором сформулированы цель и задачи собственных исследований.

Вторая глава посвящена разработке и исследованию математической модели системы «волока – оправка – очаг деформации» для процесса волочения труб на самоустанавливающейся оправке. Сформулирована система допущений и упрощений, используемых при разработке

математической модели. Проведён анализ формоизменения трубы по длине очага деформации, на участках редуцирования, основного, дополнительного обжатия и участке калибровки. Обосновано применение инженерного метода для описания напряжённого состояния системы «волока – оправка – очаг деформации», а также использование метода конечных элементов и проекционного метода Бубнова-Галеркина. Разработана система уравнений и предложен метод её решения. На основе разработанной математической модели напряжённого состояния при волочении на самоустанавливающейся оправке на примере реального технологического маршрута проведено численное исследование системы «волока – оправка – очаг деформации». Исследовано влияние основных факторов процесса, таких как степень и сопротивление пластической деформации, параметры профилировки, коэффициент трения на напряжённое состояние. Сделан вывод, что разработанная математическая модель позволяет осуществлять комплексный анализ напряженного состояния при волочении труб на самоустанавливающейся оправке.

В третьей главе представлены описание и анализ результатов комплекса экспериментальных исследований, проведенных на основе результатов численного исследования основных параметров процесса, с целью подтверждения выявленных аналитических зависимостей. В частности, приведены результаты экспериментального исследования влияния условий смазки на параметры процесса волочения и уточненные кривые упрочнения для используемых марок стали. Исследовано влияние характера изменения вязкости используемых смазок на режимы работы самоустанавливающихся оправок. С использованием оригинальной разработанной методики определены коэффициенты трения скольжения для исследуемых современных смазочных материалов. Получены температурные и скоростные зависимости для коэффициента трения и вязкости смазки. Показано, что погрешность расчета по разработанной автором модели составляет не более 7 %, в то время как результаты расчета по существующим моделям отличаются от фактически зафиксированной величины усилия более чем на 13 %.

Четвертая глава посвящена результатам опытно-промышленного освоения предложенной автором технологии на Синарском трубном заводе. Приведён маршрут и технологические режимы оправочного волочения труб размерами 16,0 × вн.12,0 мм из стали марки 10. Проведен анализ результатов опытно-промышленного волочения. Показано, что характер повреждений рабочих поверхностей оправки и результаты фактических замеров внутреннего диаметра труб соответствуют результатам расчета давления, действующего на оправку по длине очага деформации, по разработанной математической модели. Предложен новый способ задачи и перемещения самоустанавливающейся оправки в полости трубы путем подачи в полость заготовки сжатого воздуха. Показана принципиальная возможность внедрения предложенного способа волочения на самоустанавливающейся оправке в действующий технологический процесс с использованием действующих производственных мощностей и получением продукции, отвечающей предъявляемым к ней требованиям.

В пятой главе на основе анализа результатов опытно-экспериментальных работ с использованием разработанной математической модели представлена технология изготовления холоднодеформированных труб с внутренним диаметром от 6,0 до 12,0 мм. Предложена конструкция и параметры рациональной профилировки самоустанавливающихся оправок. Определена рациональная разность углов волоки и оправки от 2,0° до 2,5°. Разработаны маршруты изготовления прецизионных холоднодеформированных труб размерами 16,0 × вн12,0 мм и 9,0 × вн6,0 мм на цепных и на барабанных станах. Дана сравнительная оценка технологических схем по коэффициенту расхода металла. Приведены технические предложения по организации современного специализированного участка с рекомендациями по выбору оборудования для условий Синарского трубного завода.

Научная новизна и практическая значимость.

Научная новизна работы Яковлевой К.Ю. заключается в следующем:

1. Получена новая аналитическая зависимость для определения усилия волочения труб на самоустанавливающейся оправке, впервые учитывающая реальный характер изменения сопротивления пластической деформации металла.

2. На основе численного исследования напряженного состояния при волочении труб на самоустанавливающейся оправке определен диапазон допустимого изменения граничных условий на контактной поверхности с волокой и самоустанавливающейся оправкой. Показано, что при разности углов волоки α_b и оправки $\alpha_{оп}$ от 1° до 3° и отношении между коэффициентами трения на контактной поверхности с волокой f_b и оправкой $f_{оп}$ от 1,0 до 1,3 гарантированно обеспечиваются условия равновесного положения оправки.

3. Уточнены эмпирические зависимости сопротивления пластической деформации трубных сталей марок 35 и 12Х1МФ от степени деформации при холодной обработке металлов давлением, позволяющие проектировать рациональные режимы волочения.

4. Определена взаимосвязь вязкости используемых при волочении современных смазочных материалов и коэффициента трения. Получена новая эмпирическая зависимость изменения коэффициента трения от скорости волочения для смазочного материала с вязкостью 0,1 Па·с, позволяющая определять рациональные скоростные режимы волочения.

Получены следующие **практические результаты**:

1. Разработан алгоритм решения краевой задачи определения напряженного состояния при оправочном волочении, позволяющий в производственных условиях оперативно проводить как инженерный расчет усилия волочения, так и многофакторное численно-аналитическое исследование влияния условий осуществления процесса на напряженное состояние металла.

Указанная методика расчета внедрена в рабочий процесс технических служб ПАО «СинТЗ» (г. Каменск-Уральский) и учебный процесс подготовки студентов ФГАОУ ВО «ЮУрГУ», обучающихся по направлению «Металлургия», специальность «Обработка металлов давлением».

2. Проведена классификация профилированных самоустанавливающихся оправок, рекомендуемых для изготовления стальных прецизионных труб с заданным внутренним диаметром от 6,0 до 12,0 мм, удовлетворяющих требованиям как отечественных, так и зарубежных стандартов.

3. Определены резервы повышения производительности процесса волочения не менее чем на 10 % за счет эффективного использования ресурса смазочных материалов.

4. Разработан и запатентован способ волочения труб на самоустанавливающейся оправке, позволяющий уменьшить трудоемкость операций по подготовке труб к волочению на самоустанавливающейся оправке и увеличить производительность до 10 %.

5. На основе комплексного моделирования процесса разработана эффективная технология изготовления прямолинейных труб и труб в бунтах, рекомендованная к внедрению на ПАО «СинТЗ» (г. Каменск-Уральский).

По диссертации имеются следующие **замечания**:

- при исследовании свойств смазочного материала не учитывалось изменение давления вдоль очага деформации, так как давление смазки, так же как температура и скорость волочения влияет на толщину смазочного слоя и коэффициент трения;

- на этапе экспериментального и опытно-промышленного исследования кривых упрочнения использовались разные марки стали, что ограничивает применение полученных экспериментальных и аналитических результатов для разработки промышленных технологий волочения труб на самоустанавливающейся оправке.

Указанные замечания не влияют на положительную оценку научных и практических результатов, изложенных в диссертационной работе.

Обоснованность и достоверность основных положений, выводов и рекомендаций, приведенных в работе и внедряемых в условиях действующего производства, обеспечена корректной постановкой задач, использованием современных методов и средств исследований, анализом полученных данных и их сопоставлением с результатами проведенных экспериментов, и сведениями, опубликованными в научной литературе.

Диссертация написана логично, хорошим техническим языком. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Материалы исследования достаточно полно опубликованы в научной печати и обсуждены на конференциях различного уровня.

Результаты диссертации могут быть использованы для разработки новых рациональных технологий волочения прецизионных труб на самоустанавливающейся оправке и оптимизации существующих. Кроме того, полученные экспериментальные данные по кривым упрочнения и свойствам смазки могут использоваться для технологических расчётов других процессов обработки металлов давлением.

Общее заключение по диссертационной работе. Диссертационная работа Яковлевой Ксении Юрьевны на тему «Интенсификация процесса волочения холоднодеформированных труб

на самоустанавливающейся оправке на основе комплексного моделирования» является законченным научным исследованием по актуальной теме. В работе представлены результаты, имеющие важное научное и практическое значение для специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением. Работа направлена на создание новых и совершенствование существующих способов, процессов и технологий обработки металлов давлением и соответствует паспорту специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением. Результаты исследований, представленные в диссертации, вносят существенный вклад в решение актуальной проблемы интенсификации процесса волочения холоднодеформированных труб на самоустанавливающейся оправке.

Диссертационная работа соответствует критериям, установленным пп. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Яковлева Ксения Юрьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Официальный оппонент
канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой «Металлургия и стандартизация»
филиала ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» в г. Белоречке

Сергей Михайлович
Головизнин

«19» 04 2017 г.

Головизнин Сергей Михайлович
453500, г. Белоречк, ул. Косорогова, д.6
Филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова») в г. Белоречке, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Металлургия и стандартизация»
Тел.: 8(34792)40063
E-mail: golovz@mail.ru



личную подпись заверяю
начальник отдела кадров
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»
Михайлова М.
04 2017 г.

