

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Красикова Андрея Владимировича на тему «Теоретические основы новой технологии прокатки товарных труб специального назначения из коррозионно-стойких марок стали на агрегатах с непрерывными станами с контролируемо-перемещаемой оправкой», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением

Непрерывно растущие эксплуатационные требования к трубной продукции на сложных месторождениях нефти и газа ставят перед отечественными исследователями и производителями новые задачи по изготовлению высокотехнологичных катаных труб специального назначения из коррозионно-стойких марок стали, которые ранее изготавливались только способом прессования.

**Актуальность работы.** Диссертация Красикова Андрея Владимировича посвящена исследованию и решению актуальной научно-технической задачи по созданию теоретических основ новой технологии прокатки товарных труб специального назначения из нержавеющей марки стали мартенситного и аустенитного класса, которые активно применяются в нефтяной и атомной промышленности. В своей работе автор решил целый комплекс важных теоретических, технологических и технических задач. Следует особо отметить, что все технические решения и разработанные сквозные технологии защищены 10 патентами РФ, подтверждающими новизну предложенных решений. В проведенном масштабном диссертационном исследовании автор применял такие классические и современные научные инструменты как термомеханическое, компьютерное, лабораторное, математическое моделирование процессов прошивки непрерывнолитой заготовки и раскатки гильз из коррозионно-стойких марок стали мартенситного и аустенитного

класса. Красиков А.В. исследовал трансформацию свойств коррозионно-стойкой марки стали 08X18H10T на различных переделах в линии ТПА с непрерывным станом с контролируемо-перемещаемой оправкой. Кроме того, он выявил отличительные особенности пластических и прочностных свойств коррозионно-стойких марок стали.

Автор провел масштабное исследование контактного взаимодействия металла с инструментом при горячей раскатке гильз из коррозионно-стойких марок стали аустенитного класса. Впервые определил влияние материала графитовых смазок и дезоксидирующих материалов на коэффициент трения, а также дал практические рекомендации по их нанесению на оправку непрерывного стана и способу подачи в гильзу. Разработанная и внедренная им в реальное промышленное производство новая калибровка прокатного инструмента позволила осуществить раскатку гильз из стали марки 08X18H10T и получить трубы высокого качества с требуемым набором эксплуатационных свойств. Также в реальное промышленное производство впервые внедрена новая наукоемкая сквозная технология прокатки труб в условиях ТПА с непрерывными станами с контролируемо-перемещаемой оправкой.

Таким образом, представленная диссертационная работа, посвященная созданию теоретических основ новой технологии прокатки товарных труб специального назначения из коррозионно-стойких марок стали на самых современных и получивших наибольшее распространение трубопрокатных агрегатах в мире, несомненно **является актуальной**.

**К научной новизне** диссертационной работы следует отнести следующее:

1. Новая методика проведения и обработки результатов исследования пластичности и сопротивления металлов и сплавов пластической деформации, разработанная с использованием современных научных инструментов, позволяющая учитывать влияние истории нагружения при изготовлении бесшовных горячедеформированных труб на современных трубопрокатных агрегатах с не-

прерывными станами. На её основе получены новые знания о закономерностях изменения сопротивления пластической деформации коррозионно-стойкой стали аустенитного класса в зависимости от параметров деформирования.

2. Впервые установленные закономерности формоизменения металла в процессах прошивки сплошных кованых и полых непрерывно-литых заготовок, раскатки гильз из коррозионно-стойких марок стали аустенитного класса в линии ТПА с непрерывным станом с контролируемо-перемещаемой оправкой, полученные с использованием компьютерного моделирования в программной среде QForm 3D.

3. Численные значения коэффициента контактного трения в процессе горячей раскатки коррозионно-стойкой марки стали, параметры влияния дезоксидирующих и смазочных материалов на процесс.

4. Закономерности трансформации структуры, пластических и прочностных свойств коррозионно-стойких марок стали, впервые полученные применительно к схеме производства труб в линии ТПА с непрерывным раскатным станом с контролируемо-перемещаемой оправкой.

5. Универсальная математическая модель, впервые разработанная для расчета энергосиловых параметров процесса горячей раскатки гильз в непрерывном стане с различным количеством валков, образующих калибр.

**Практическая значимость работы** определяется:

1. Внедрением новых сквозных технологий прокатки труб специального назначения из коррозионно-стойких марок стали мартенситного и аустенитного класса, обеспечивающих высокое качество, а также необходимые эксплуатационные свойства готовой товарной продукции.

2. Разработкой и внедрением новых способов подготовки непрерывно-литых заготовок из коррозионно-стойких марок стали к прокатке в промышленных условиях. При этом новая технология подготовки устраняет все несовершенства литой структуры металла, что исключает образование дефектов на поверхности готовых труб.

3. Повышением износостойкости оправок при прошивке заготовок из коррозионно-стойких марок стали в 20 раз. Предложенное техническое решение позволило увеличить производительность участка горячего проката труб более, чем в 2 раза.

4. Впервые сформулированными научными и техническими требованиями к дезоксидирующим и смазочным материалам, обеспечивающим как высокое качество внутренней поверхности бесшовных труб из коррозионно-стойких марок стали мартенситного и аустенитного класса, так и высокую износостойкость дорогостоящих контролируемо-перемещаемых оправок.

**Диссертация состоит** из введения, 7 глав, основных результатов и выводов, изложена на 383 страницах машинописного текста, включающего 194 рисунка, 62 таблицы, библиографический список из 161 наименования.

**Содержание диссертации** достаточно адекватно и полно отражено в тексте автореферата.

**В главе 1** диссертант провел анализ современных способов производства бесшовных труб специального назначения из коррозионно-стойких марок стали и сделал вывод, что в настоящее время для изготовления таких труб освоена только технология прессования. Путем сравнительного анализа различных способов получения заготовок получил, что в качестве исходной заготовки целесообразно использовать непрерывнолитую заготовку. Определил, что прошивку рационально вести в двухвалковых станах винтовой прокатки. Диссертант рассмотрел достоинства и недостатки различных вариантов раскатки гильзы в черновую трубу и установил высокую эффективность использования в качестве раскатных – непрерывных станов с контролируемо-перемещаемой оправкой. Указал, что преимуществами такого процесса являются высокая производительность, минимальные технологические отходы и расположение оборудования, удобное для автоматизации технологических операций. Учитывая идентичную схему напряженного состояния деформируемого металла, установил, что применение ТПА с непрерывными станами и контролируемо-

перемещаемой оправкой теоретически может являться полноценной альтернативой прессованию. На основании проведенного обзора научно-технической литературы сформулировал цели и задачи исследований.

**В главе 2** диссертант представил результаты разработки методики исследования и прогнозирования пластических и прочностных свойств коррозионно-стойких марок стали при изготовлении бесшовных горячедеформированных труб. С целью проведения пластометрических исследований стали марки 08X18H10T в горячем состоянии выбрал современный комплекс с цифровой системой термомеханического моделирования «Gleeble 3800». На основании полученных результатов вывел формулы для вычисления пластических и прочностных свойств коррозионно-стойкой марки стали 08X18H10T, применимые к процессу единовременной деформации в нескольких последовательно расположенных клетях, то есть к процессу раскатки в современных непрерывных станах.

**В главе 3** автор впервые изложил результаты исследования свойств смазочных и дезоксидирующих материалов, применяемых в современных линиях трубопрокатных агрегатов с непрерывными станами с контролируемо-перемещаемой оправкой. Дал практические рекомендации и описал оборудование для эффективной подачи дезоксиданта и графитовой смазки. Провел анализ влияния дезоксиданта и графитовой смазки на качество внутренней поверхности готовых труб и износостойкость дорогостоящих оправок непрерывного стана. Впервые провел исследование влияния смазочных материалов на коэффициент трения при прокатке труб из стали марки 08X18H10T.

**В главе 4** диссертант представил результаты разработки новых технологий подготовки непрерывнолитых заготовок из коррозионно-стойких марок стали мартенситного и аустенитного класса для прокатки труб на современных трубопрокатных агрегатах с непрерывными станами с контролируемо-перемещаемой оправкой. Технологии исключают все недостатки литой структуры металла и позволяют осуществлять прокатку труб высокого качества и

требуемых эксплуатационных свойств. Автором предложена и запатентована формула выбора инструмента для обеспечения рационального показателя расходного коэффициента металла.

**В главе 5** автор представил результаты исследования процесса прошивки заготовок из коррозионно-стойких марок стали в стане винтовой прокатки. Для этого использован современный программный комплекс QForm 3D, где проведено моделирование процесса прошивки как полой непрерывнолитой, так и сплошной ковальной заготовки из марки стали 08X18H10T для последующей раскатки. По результатам моделирования установлено, что с точки зрения вероятности разрушения при деформации целесообразно использовать полую предварительно сверленную непрерывнолитую заготовку. Диссертантом предложено эффективное технологическое решение проблемы низкой износостойкости оправок при прошивке непрерывнолитых заготовок из коррозионно-стойких марок стали. Наличие рифления на поверхности рабочего конуса оправки позволило достичь прирост стойкости в 20 раз и повысить производительность участка горячего проката в целом не менее, чем в 2 раза в сравнении с ранее достигнутой. Кроме того, на современном стане проведено лабораторное моделирование прошивки с выдачей практических рекомендаций для промышленной прокатки.

**В главе 6** приведены результаты исследования процесса раскатки гильз из коррозионно-стойких марок стали в непрерывном стане продольной прокатки. С использованием компьютерного моделирования процесса раскатки гильз в программной среде QForm 3D проведена оценка влияния различных технологических схем получения труб на трубопрокатных агрегатах с непрерывным станом с контролируемо-перемещаемой оправкой из стали 08X18H10T. На современном стане проведено лабораторное моделирование раскатки с выдачей практических рекомендаций для промышленной раскатки гильз из коррозионно-стойких марок стали в трубу. Кроме того, в программной среде QForm 3D проведено отдельное компьютерное моделирование формоизменения металла

марки стали 08X18H10T, что показало высокую вероятность окова оправки непрерывного стана и, как следствие, получение недоката. На основании данного вывода были сформулированы требования к специальной калибровке для стабильного процесса раскатки. Для оценки уровня межклетевых натяжений в соответствии с частотой вращения валков в рамках исследования автором впервые создана универсальная математическая модель процесса непрерывной раскатки гильз, применимая как для расчета 2-х, так и для 3-валковых калибров. В целом, предложенная математическая модель позволяет с высокой точностью рассчитывать геометрические, кинематические и энергосиловые параметры раскатки, что подтверждено сравнением результатов по усилию прокатки с зафиксированным месдозами на лабораторном стане.

**В главе 7** приведены результаты внедрения новой сквозной технологии прокатки непрерывно-литых заготовок из коррозионно-стойких марок стали на современных трубопрокатных агрегатах с непрерывными станами с контролируемо-перемещаемой оправкой.

В заключении по диссертации сформулированы основные научные положения и изложены достигнутые практические результаты работы.

Результаты работы достаточно полно обсуждены на региональных, всероссийских и международных конференциях. По теме работы опубликована монография «Основы металловедения и технологии производства труб из коррозионно-стойких сталей» (Издательство Metallurgizdat). По теме диссертации опубликовано 45 печатных работ, в том числе 12 – в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ, 8 – в изданиях, входящих в наукометрические базы данных «Scopus» и «Web of Science», 10 патентов РФ и 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

В целом следует отметить разнообразие экспериментальных и расчетных методов исследования достаточно высокого уровня, применяемых автором.

Рассмотренный материал автореферата диссертации соответствует всем пунктам паспорта специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением.

Исследования докторанта Красикова А.В. выполнены на высоком научном и профессиональном уровне, внедрены на ведущих российских трубопрокатных предприятиях, а также рекомендованы к тиражированию на других заводах с аналогичным оборудованием. Следует отметить достаточно высокую научную квалификацию и инженерно-техническую подготовку автора диссертационной работы. Разработанные теоретические основы открывают новое направление в науке и технике трубопрокатного производства, которое в дальнейшем будет активно развиваться. Считаю, что автор работы является сформировавшимся ученым высокого уровня, способным самостоятельно формулировать и решать серьезные исследовательские задачи. Данные качества позволили Красикову А.В. провести широкий круг теоретических и экспериментальных работ как в лабораторных, так и в реальных промышленных условиях.

Наряду с несомненными достоинствами, по диссертационной работе следует отметить **следующие замечания**:

1. Не совсем понятно, для чего автор в первой главе приводит подробное историческое описание развития процесса производства стальных труб способом механического прессования в западных странах и РФ, преимущества этого процесса, технические характеристики и как эти данные используются в дальнейших главах диссертационной работы, посвящённой трубопрокатному производству?

2. Не совсем понятно, для чего автор аналитически доказывает эффективность производства и последующего применения круглых в поперечном сечении непрерывнолитых заготовок для производства бесшовных труб на прокатном стане, в отличии, например, от квадратных, учитывая, что большинство МНЛЗ реконструированы под производство круглой заготовки?

3. Не ясно, с какой целью в начале второй главы представлены фотографии многочисленных себеподобных исходных металлических образцов для подготовки и проведения последующих испытаний (например, на рис. 2.2, 2.3),



в то время, как ни на одном из рисунков нет геометрических параметров образцов и их элементов, состояния поверхности и т.д.?

4. Не ясно, для чего настолько подробно даётся описание известной системы Gleeble – силового блока, модулей PocketJaw, HydraWedge, Torsion, MaxStrain, фотографии рабочих камер, датчиков, базовых методов работы этого современного комплекса?

5. Параграф 7.3, который называется «Технология прокатки труб из нержавеющей марки стали мартенситного класса на ТПА с непрерывным станом с контролируемо-перемещаемой оправкой», по своей сути являющийся ключевым, состоит всего лишь из одного абзаца. Не уместнее было бы представить в этом случае технологическую схему, технологические параметры, технологические режимы, данные о производительности, экономические характеристики и т.д.?

6. В практическом плане для производства может представить интерес следующий вопрос – позволит ли разработанная новая сквозная технология прокатки осуществлять раскатку гильз из коррозионно-стойких марок стали в современных непрерывных станах с пятью и шестью трехвалковыми клетями?

7. В работе не приведены данные статистической обработки результатов исследований износостойкости оправок непрерывных станов при раскатке гильз из коррозионно-стойких марок стали.

Сделанные замечания носят частный характер и не меняют общего положительного мнения о рецензируемой работе. Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание.

### **ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В целом диссертационная работа Красикова А.В. выполнена на актуальную тему, является законченной научно-исследовательской работой, отличается научной новизной и практической значимостью, соответствует требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней. Текст диссертации представляет собой самостоятельную научно-

квалификационную работу, не содержит заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования. Считаю, что автор работы, Красиков Андрей Владимирович, является сложившимся ученым в своей области и заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением.

Официальный оппонент, доцент,  
доктор технических наук,  
профессор кафедры технологий  
обработки материалов



Д.Н. Чикишев

24.04.2024

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Адрес: Россия, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, проспект Ленина, д.38

Тел.: +7 (3519) 29-85-25

E-mail: d.chikishev@magtu.ru

<https://www.magtu.ru>

