

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по науке и цифровому  
развитию МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
доктор экономических наук, профессор

П.А. Дроговоз

2023 г.

## **ОТЗЫВ**

ведущей организации на диссертационную работу

Медведева Вадима Анатольевича на тему «Разработка и исследование режимов термомеханической обработки, обеспечивающих заданные свойства стальных сосудов на выходе прокатно-прессовой линии», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.6.4 Обработка металлов давлением (технические науки)

### **Актуальность диссертационной работы**

Сосуды в виде цилиндрических заготовок из среднеуглеродистой стали 50 с глухой профилированной полостью находят широкое применение в специальной, машиностроительной и других отраслях промышленности. Разработанная в БФ АО «НПО «Прибор» технология и автоматизированная линия винтовой прокатки позволяют получать сосуды за несколько переходов с прокатного нагрева, включая термическую обработку. Однако, нестационарные условия нагрева заготовок и последующая формообразующая деформация приводят к неравномерному распределению температуры полуфабрикатов перед закалкой, что влияет на формирование анизотропии структуры и механических свойств изделий по длине и сечению. Это приводит к необходимости повторной термической обработки, что увеличивает длину технологической цепочки производства и, как следствие, увеличивает себестоимость изделия на 3-5%.

Диссертационная работа Медведева В.А. посвящена решению актуальной задачи разработки рациональных условий и методов управления термомеханической обработкой, обеспечивающих заданные свойства по длине сосудов из стали 50, получаемых на прокатно-прессовой линии.

Результаты диссертационной работы, направленные на усовершенствование технологии производства сосудов из стали 50 на прокатно-прессовой линии с контролем механических свойств изделий методами неразрушающего контроля, позволяют получать заготовки с заданным уровнем свойств, что является своевременной и актуальной темой исследования.

## **Структура и основное содержание диссертационной работы и автореферата**

Представленная диссертационная работа имеет внутреннее структурное единство, изложена на 129 страницах, состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка литературы, включающего 154 источника и двух приложений. Диссертация содержит 57 рисунков и 14 таблиц.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель работы и задачи исследования, сформулирована научная новизна и практическая значимость работы, отражены основные положения, выносимые на защиту, достоверность, апробация работы, структура и объем диссертации.

**В первой главе** изложено состояние вопроса по теории и технологии горячей винтовой прокатки, штамповки и термообработки стальных сосудов ответственного назначения, указаны основные области их применения, рассмотрены современные методики управления температурой и механическими свойствами полуфабрикатов, показаны подходы к методам контроля и управления качеством проката.

**Вторая глава** посвящена лабораторным исследованиям и компьютерному моделированию режимов горячей винтовой прокатки, штамповки и термообработки полуфабрикатов на прокатно-прессовой линии. Компьютерное моделирование позволило установить влияние неравномерности температуры по сечению образцов на формирование механических свойств и структуру металла после поперечно-винтовой прокатки, а на базе натурных экспериментов определены степень неравномерности распределения температуры по длине полуфабрикатов и механические свойства металла в зависимости от скорости закалки в масле. По результатам экспериментов построены регрессионные уравнения зависимости механических свойств от температуры полуфабрикатов и скорости закалки.

**В третьей главе** приведены результаты опытно-промышленной апробации экспериментального оборудования и методов управления механическими свойствами стального проката. Показано, что разработанные устройства и режимы управления температурой полуфабрикатов на стане и прессе позволяют вариативно обеспечивать необходимые прочность и пластичность металлов в различных объемах сосуда.

**В четвертой главе** приводится методология управления температурой, механическими свойствами и микроструктурой металла путём варьирования скоростью закалки деформированных полуфабрикатов, усовершенствованная технология нагрева исходных заготовок для стабилизации режимов деформирования, обеспечивающая снижение слоя обезуглероживания на 70% и выравнивание твёрдости по сечению сосудов из стали 50. Управление режимами обработки проводится на основе построенных регрессионных зависимостей.

**В пятой главе** приведены результаты опытно-промышленного внедрения оборудования и технологий неразрушающего измерения и

контроля механических свойств после закалки сосудов из стали 50, полученных на прокатно-прессовой линии. Экспериментально определены количественные связи между механическими и физическими свойствами сосудов из стали 50. Предложенные уравнения позволяют вычислять механические характеристики материала (временное сопротивление разрыву и относительное удлинение) на основе измерений удельного электросопротивления и величины э.д.с., характеризующие магнитные свойства проката.

**Приложения** свидетельствуют о внедрении на производстве технологии и оборудования по управлению температурой и механическими свойствами сосудов из стали 50.

### **Научная новизна диссертационной работы**

Автором, на основе теоретического анализа с применением методов компьютерного моделирования, были установлены зависимости механических свойств сосудов из стали 50 после прокатки на стане поперечно-винтовой прокатки и закалки на прокатно-прессовой линии. На основании этих данных были определены пути практических изысканий по основным направлениям диссертационной работы. Грамотное применение аппарата для моделирования процессов поперечно-винтовой прокатки с учетом температурных полей, а также проведенные эксперименты, подтверждающие результаты компьютерного моделирования, позволили:

- построить регрессионные уравнения для прогнозирования формирования физико-механических свойств по длине сосудов из стали 50;
- разработать научно обоснованные методы термомеханической обработки с управляемым нагревом и охлаждением, обеспечивающие заданные свойства по всему объему деформируемой заготовки при горячей винтовой прокатки и последующей штамповки сосудов из стали 50;
- предложить метод выравнивания температуры по сечению стальных прутков-заготовок в печи сопротивления с учётом неравномерности формирования ферритного кольца и твёрдости по сечению стальных сосудов в процессе винтовой прокатки, штамповки и закалки, что позволило уменьшить слой обезуглероживания с 0,7 до 0,4 мм и выровнять твёрдость по сечению на 25%;
- разработать научно-обоснованную методику выбора охлаждающих сред, влияющих на скорость закалки и формирование структуры и свойств сосудов, позволившую управлять твёрдостью полуфабрикатов за счет варьированием концентрации охлаждающих сред при закалке;
- впервые получить полиномиальные зависимости удельного электросопротивления и величины э.д.с. стали 50 от механических свойств, позволившие разработать методику неразрушающего контроля свойств на прокатно-прессовой линии.

Все научные положения, выводы и результаты диссертации обоснованы, подтверждены экспериментально и опубликованы, а научная новизна исследований и полученных результатов не вызывает сомнений.

### **Практическая значимость диссертации**

Результаты диссертационной работы могут быть с успехом использованы при разработке технологии производства сосудов из среднеуглеродистых сталей широкого размерного сортамента на прокатно-прессовых линиях. Расчетно-экспериментальные методики и методы управления показателями качества проката могут быть использованы в учебном процессе при проведении практических занятий и лабораторных работ для студентов, аспирантов и сотрудников металлургических предприятий. Важным и определяющим является тот факт, что результаты работы опробованы и внедрены на прокатно-прессовой линии машиностроительного предприятия БФ АО «НПО «Прибор» в виде внедрения технологии и оборудования для управления температурными режимами прокатки и штамповки, что позволило обеспечить заданные механические свойства по всему объему сосудов из стали 50, а также внедрения электромагнитного устройства неразрушающего контроля механических свойств, снижающую себестоимость производства сосудов из стали 50 на прокатно-прессовой линии на 3-5%.

Значимость исследований для науки заключается в разработке научных основ и принципов определения зависимостей механических свойств стали 50 в зависимости от условий закалки с учетом предварительной обработки давлением на стане поперечно-винтовой прокатки, а также установлении влияния механических свойств стали на величину электросопротивления материала.

**Достоверность результатов диссертационной работы** обеспечивалась применением основополагающих положений теории горячей винтовой прокатки и штамповки, которые базируются на использовании методов математического моделирования, современных вычислительных систем и методик, а также подтверждена в ходе экспериментальных исследований на прокатно-прессовой линии БФ АО «НПО «Прибор». Полученные результаты и рекомендации не противоречат известным научным данным по теме работы.

### **Публикации по результатам диссертационной работы**

По тематике диссертации опубликована 31 научная работа, в том числе 12 статей в рецензируемых изданиях из перечня рекомендованных ВАК РФ, 9 публикаций в международной научометрической базе Scopus. Материалы диссертации доложены и обсуждены на 12 научных конференций и семинарах различного уровня. Автореферат диссертации и публикации достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

### **Замечания по диссертационной работе и автореферату**

1. При проведении механических испытаний на растяжение образцов не указана скорость приложения нагрузки.
2. Практически не исследовано влияние деформационных показателей

на неравномерность температуры и свойств полуфабрикатов при изменении настроек валков стана поперечно-винтовой прокатки.

3. В работе отсутствует экономический расчёт использования оборудования электромагнитного устройства для управляемой термомеханической обработки (ЭМУКС), при котором наблюдается снижение себестоимости производства сосудов на ППЛ на 3...5%.

4. При численном моделировании процесса прокатки на стане поперечно-винтовой прокатки с учетом температурных условий недостаточно подробно описаны условия, при которых проводилось моделирование.

5. Автор не проанализировал имеющейся научный и практический опыт производства сосудов из среднеуглеродистых сталей на аналогичных отечественных и зарубежных прокатно-прессовых линиях.

6. На стр. 6 в пункте 5 научной новизны диссертации указано, что «Впервые получены полиномиальные 2-го порядка зависимости механических свойств от удельного электросопротивления и величины э.д.с. сосудов из стали 50...». Здесь скорее всего логическая ошибка, когда нарушена причина и следствие – механические свойства не могут зависеть от электросопротивления и э.д.с., а вот электросопротивление и э.д.с. зависят от механических свойств.

7. В тексте диссертации встречаются технические опечатки и орфографические ошибки. На стр. 16 и 18 ссылки на несуществующие рисунки 2 и 3.

8. Некоторые формулы и рисунки в тексте диссертации оформлены с нарушением требований п. 5.3.9, 5.3.11 ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Отмеченные недостатки в целом не снижают достоинства диссертации.

### **Заключение по диссертационной работе**

Диссертационная работа Медведева Вадима Анатольевича «Разработка и исследование режимов термомеханической обработки, обеспечивающих заданные свойства стальных сосудов на выходе прокатно-прессовой линии» написана автором самостоятельно, является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании комплексного анализа выполненных исследований решена актуальная задача усовершенствования производства получения сосудов из стали 50 на прокатно-прессовой линии за счет разработки рациональных условий и методов управления термомеханической обработкой, обеспечивающей заданные свойства по всему объему сосудов, а также получены новые научно-обоснованные теоретико-технологические решения по управлению и контролю механических свойств стальных сосудов из стали 50. Результаты, полученные автором и представленные в работе, имеют научную новизну и практическую значимость.

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением в части областей исследования – п. 1 «Исследование и расчёт деформационных, скоростных, силовых, температурных и других параметров разнообразных процессов

обработки давлением металлов, сплавов и композитов»; п. 2 «Исследование способов, процессов и технологий обработки давлением металлов, сплавов и композитов с помощью методов физического и математического моделирования»; п. 3 «Исследование структуры, механических и физических, магнитных, электрических и других свойств металлов, сплавов и композитов в процессах пластической деформации»; п. 4 «Оптимизация способов, процессов и технологий обработки металлов давлением для производства металлопродукции с целью повышения характеристик качества продукции»; п. 5 «Математическое описание процессов пластической деформации металлов, сплавов и композитов с целью создания математических моделей, способов, процессов и технологий».

Диссертация соответствует требованиям ВАК РФ пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (с изменениями от 11.09.2021 г), а ее автор Медведев Вадим Анатольевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 Обработка металлов давлением (технические науки).

Диссертационная работа Медведева В.А. и отзыв на нее обсуждены на научном семинаре кафедры «Оборудование и технологии прокатки» (протокол № 5 от 16 февраля 2023 г.). Проект отзыва подготовлен доцентом кафедры «Оборудование и технологии прокатки», кандидатом технических наук, доцентом Ивановым Андреем Владимировичем (научная специальность 05.03.05 – Технологии и машины обработки давлением).

Заведующий кафедрой «Оборудование и технологии прокатки» МГТУ им. Н.Э.Баумана,  
д. т. н., профессор,  
(научная специальность 05.03.05 – Технологии  
и машины обработки давлением)

Колесников  
Александр Григорьевич

### **Сведения о ведущей организации**

|  |   |
|--|---|
| Полное наименование организации в соответствии с Уставом | Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» |
| Сокращённое наименование организации                     | ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана»  |
| Ведомственная принадлежность                             | Министерство науки и высшего образования Российской Федерации   |
| Почтовый индекс, адрес организации                       | Россия, 105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д.5, к.1   |
| Телефон  | +7 (499) 263-63-91  |
| Адрес электронной почты                                  | <a href="mailto:bauman@bmstu.ru">bauman@bmstu.ru</a>  |
| Сайт организации   | <a href="http://www.bmstu.ru/">http://www.bmstu.ru/</a>   |
| Руководитель   | к.т.н., доцент Гордин Михаил Валерьевич   |