

**ОТЗЫВ**

официального оппонента Лисовского Александра Владимировича  
на диссертационную работу Медведева Вадима Анатольевича  
«Разработка и исследование режимов термомеханической обработки, обеспечивающих  
заданные свойства стальных сосудов на выходе прокатно-прессовой линии», представленной на  
соискание учёной степени  
кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением  
(технические науки)

**Актуальность диссертационного исследования**

Современные способы производства стальных сосудов ответственного назначения, основанные на совмещении процессов деформации и термической обработки в едином технологическом комплексе прокатно-прессовой линии (ППЛ) получили широкое распространение в последние годы. Даный факт легко объясняется исключительной эффективностью таких процессов и сравнительно низкой капиталоёмкостью производств, работающих по совмешённым и непрерывным технологическим схемам. Однако формирование температуры и её влияние на механические свойства сосудов из стали 50 практически не исследовано.

Рассматриваемый в диссертационной работе процесс управления температурой полуфабрикатов особенно актуален для предприятий, использующих ППЛ для выпуска стальных сосудов с заданными механическими свойствами и структурой. Кроме того, существует необходимость оперативного неразрушающего контроля параметров твёрдости, прочности и пластичности материала изделий, зависящих от условий прокатки, штамповки и термообработки в непрерывном потоке производства сосудов на ППЛ.

Поэтому разработка рациональных условий и методов управления термомеханической обработки, обеспечивающих заданные свойства по длине сосудов из стали 50 на выходе прокатно-прессовой линии является весьма актуальной и своевременной темой исследования.

**Объем, структура и содержание диссертации**

Диссертационная работа изложена на 129 страницах, состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка литературы, включающего 154 источников и двух приложений. Диссертация содержит 57 рисунков и 14 таблиц.

**В 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** диссертации изложено состояние вопроса по теории и технологии горячей винтовой прокатки, штамповки и термической обработки 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.

**Во второй главе** представлены результаты компьютерного моделирования процесса горячей трёхвалковой прокатки с неполной прошивкой и последующей калибровкой стального сосуда. Результаты моделирования позволили установить влияние неконтролируемых переменные при переходных и установившихся процессах нагрева и охлаждения при прокатке и штамповки. Компьютерное моделирование позволило обосновано проводить эксперименты для разработки рациональных режимов термомеханической обработки, обеспечивающих заданные свойства стальных сосудов на выходе прокатно-прессовой линии.

**Третья глава** посвящена разработке и исследованию методов управления температурой по длине черновых сосудов и результаты экспериментального исследования процесса выравнивания механических свойств сосудов, на выходе прокатно-прессовой линии. Разработанные режимы управления температурой полуфабрикатов позволяют вариативно обеспечивать необходимые технологические интервалы значений прочности и пластичности частей сосуда. При этом неравномерность свойств по длине проката не превышает 5%.

**В четвёртой главе** предложена методика выравнивания температуры стальной заготовки для снижения слоя обезуглероживания и равномерного распределения твёрдости по сечению сосуда. Приведены линейные уравнения связывающие время нагрева и толщину слоя обезуглероживания, а также влияние слоя феррита на распределение твёрдости по сечению сосуда из стали 50.

Приведены результаты исследования влияния концентраций полимерных растворов зазакалочных сред на скорость закалки и твёрдость проката. Получены уравнения регрессии устанавливающие зависимости влияния концентрации полимера на скорость закалки на твёрдость изделий.

**В пятой главе** приведена разработанная методика и оборудование для неразрушающего контроля механических свойств стальных сосудов на выходе ППЛ. Установлены зависимости и взаимосвязи физических и механических значений свойств по длине изделий. Результаты исследования позволили создать и внедрить опытную установку «ЭМУКС» для неразрушающего контроля твёрдости, временного сопротивления и относительного удлинения сосудов из стали 50 на выходе ППЛ.

### **Научная новизна**

Научная значимость диссертационной работы Медведева В.А. заключается в следующих основных положениях:

- Получены регрессионные линейные уравнения, позволяющие по распределению температуры прогнозировать неоднородность формирования физико-механических свойств по длине сосудов из стали 50.
- Разработаны научно обоснованные методы термомеханической обработки с управляемым нагревом и охлаждением, обеспечивающие заданные свойства, отличающиеся учетом неоднородности формирования температуры по длине деформируемой заготовки при горячей винтовой прокатки и последующей штамповки сосудов из стали 50, позволяющие стабилизировать распределение механических свойств по длине проката в пределах 5%.
- Разработан метод выравнивания температуры по сечению стальных прутков-заготовок в печи сопротивления, отличающиеся 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 их сечению на 25%.

- Разработана научно обоснованная методика выбора охлаждающих сред, влияющих на скорость закалки и формирование структуры и свойств сосудов, позволившая разработать дискретный способ управления твёрдостью полуфабрикатов варьированием охлаждающих сред при закалке проката. Получено уравнение, устанавливающее связь влияния концентрации в воде полимера ТЕРМАТ на скорость охлаждения сосуда при закалке.
- Впервые получены полиномиальные 2-го порядка зависимости механических свойств от удельного электросопротивления и величины э.д.с. сосудов из стали 50, позволившие разработать методику неразрушающего контроля свойств на выходе прокатно-прессовой выходе прокатно-прессовой линии.

### **Практическая ценность результатов работы**

Практически значимыми результатами работы являются:

- Разработка и внедрение технологии и оборудования для управления температурными режимами прокатки и штамповки на ППЛ. Применение разработанных режимов управления позволяют обеспечивать заданные механические свойства по высоте сосудов из стали 50.
- Результаты проведённых исследований позволили разработать и внедрить электромагнитное устройство неразрушающего контроля механических свойств, что позволило снизить себестоимость сосудов из стали 50 на выходе прокатно-прессовой линии на 3-5%.

### **Обоснованность и достоверность научных результатов**

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением основополагающих положений обработки металлов давлением, современных методик на современном экспериментальном оборудовании: твердомеров Бринелля ТБ5004, Роквелла ТК-2М и Викерса, разрывной универсальной машине Instron mod3382. Микроструктура определена с использованием оптического микроскопа CarlZeiss с встроенной цифровой камерой Canon. Температура измерялась с помощью контрольных термопар ХА и регистрирующего прибора Термодат и оптического пирометра СЕМ1600. Использованием программного комплекса QForm

Полученные результаты, выводы и рекомендации не противоречат известным научным данным по теме работы. Достоверность результатов разработок подтверждена актами внедрения БФ АО «НПО «Прибор»

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты диссертационной работы применимы при исследовании, разработке и усовершенствовании технологий и оборудования горячей винтовой прокатки на прошивных станах, штамповки и термообработки стальных сосудов и труб на металлургических и машиностроительных предприятиях. Методы управления и контроля механических свойств могут быть использованы при автоматизации существующих производств.

### **Публикации и аprobация**

По тематике диссертации опубликована 31 научная работа, в том числе 12 статей в рецензируемых изданиях из перечня рекомендованных ВАК РФ, 9 публикаций в международной научной базе Scopus. Материалы диссертации доложены и обсуждены на 12 научных конференций и семинаров различного уровня.

Автореферат диссертации и публикации достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

### **1. Замечания и вопрос по работе**

1. В уравнениях следовало бы указать доверительные интервалы изменений температуры, концентраций полимера, скоростей нагрева и охлаждения сосудов
2. В диссертации не рассмотрено влияние технологических настроек оборудования и применение смазок на неравномерность распределения температуры в процессе прокатки и штамповки.
3. Для использования на других предприятиях полученных результатов исследования по управлению температурой стальных сосудов следовало бы привести циклограмму производства стальных сосудов на ППЛ предприятия БФ АО «НПО «Прибор».
4. Непонятно, почему приведённый в литературном обзоре диапазон механических свойств более широкий, чем в требованиях к стальным сосудам, приведённым в главе 1.?
5. В диссертации присутствуют неточности формулировок (например, в главе 2 на странице 49 приводится формула « $\mu\Sigma = \mu_1 + \mu_2$ . (2.4)», где коэффициент суммарной вытяжки сосуда на выходе прокатно-прессовой линии определяется как сумма коэффициентов вытяжки при прокатке и после прессования, а не произведение). Так же присутствуют ошибки в шкалах измерений (глава 2 страница 61 «Проведено исследование методом Бринелля ..... закалённым шаром диаметром 1 мм нагрузкой 100 кгс.» по ГОСТ9012-59 для шарика диаметром 1 мм нагрузка 100 кгс не используется).

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационного исследования в целом, ее научной и практической значимости.

### **Заключение**

На основании выше изложенного считаю, что диссертация Медведева Вадима Анатольевича «Разработка и исследование режимов термомеханической обработки, обеспечивающих заданные свойства стальных сосудов на выходе прокатно-прессовой линии» является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, в которой обоснованы технические и технологические решения по стабилизации и повышению эффективности процессов управления механическими свойствами стальных сосудов, что вносит существенный вклад в развитие горячего производства профилей в металлургической отрасли России.

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»; п. 8 «Исследование пластической деформации металлов в процессах обработки давлением, совмещённых с другими технологическими процессами обработки металлов с целью разработки энергоэффективных и материалосберегающих технологий» паспорта специальности (05.16.05) 2.6.4. – Обработка металлов давлением (технические науки).

Диссертационная работа «Разработка и исследование режимов термомеханической обработки, обеспечивающих заданные свойства стальных сосудов на выходе прокатно-прессовой линии» по своему объёму, научной и практической значимости полученных результатов, полностью соответствует требованиям п.п. 9 – 14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а её автор - Медведев Вадим Анатольевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4. – Обработка металлов давлением.

Я, Лисовский Александр Владимирович согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведённых в этом документе.

## Официальный оппонент:

кандидат технических наук, (05.16.05 – обработка металлов давлением), ведущий инженер центральной исследовательской лаборатории, АО «Металлургический завод «Электросталь»

Лисовский  
Александр Владимирович

Подпись Лисовского А.В. заверяю.  
Директор по персоналу и общим вопросам  
АО «Металлургический завод «Электросталь»

А.Ю. Барашенков

«20» січня 2023 р.

### Контактные данные:

Адрес: 144002, Россия, Московская обл.,  
г. Электросталь, ул. Железнодорожная, 1  
тел: +7(993) 922-85-74  
e-mail: a\_lisovsky@mail.ru