аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29 марта 2023 года № 131

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.078.02

созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, о присуждении Медведеву Вадиму Анатольевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование режимов термомеханической обработки, обеспечивающих заданные свойства стальных сосудов на выходе прокатно-прессовой линии», в виде рукописи, по специальности 2.6.4 «Обработка металлов давлением» принята к защите 18 января 2023 года, протокол № 129, диссертационным советом 24.1.078.02, на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), 119334, г. Москва, Ленинский проспект,49, приказ Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель Медведев Вадим Анатольевич родился в 1978 году.

В 2015 году окончил Электростальский филиал Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ) получил квалификацию бакалавр техники и технологии по специальности 150100 «Металлургия». Продолжил обучение по специальности 22.04.02 «Металлургия» в НИТУ «МИСиС» и в 2017 г. получил квалификацию магистра.

С 2018 по 2022 год обучался в аспирантуре Московского политехнического университета, по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов», направленность подготовки Обработка металлов давлением. Диплом об окончании аспирантуры выдан с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

С 2014 по 2020 г. работал на БФ АО «НПО «Прибор» им. С.С. Голембиовского в должности инженера-технолога. В 2020 году был назначен на должность начальника участка.

Диссертация выполнена на кафедре «Обработка металлов давлением и аддитивные технологии» ФГАОУ ВО «Московский Политех» и на

машиностроительном предприятии БФ АО «НПО «Прибор» им. С. С. Голембиовского.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии» ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» (Московский Политех) Шаталов Роман Львович.

Официальные оппоненты:

Гончарук Александр Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Обработка металлов давлением» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»);

Лисовский Александр Владимирович, кандидат технических наук, ведущий инженер центральной исследовательской лаборатории АО «Металлургический завод «Электросталь».

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (Национальный исследовательский университет), в своем положительном заключении, составленном на заседании научного семинара кафедры оборудования и технологии прокатки, подписанном доктором технических наук, профессором Александром Григорьевичем Колесниковым и утвержденном проректором по науке и цифровому развитию МГТУ ИМ. Н.Э. Баумана, доктором экономических наук, профессором Павлом Анатольевичем Дроговозом, указали, что диссертационная работа по актуальности темы, научной новизне, теоретической и практической значимости, объему выполненных исследований, полноте освещенности результатов в технической литературе отвечает критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – «Обработка металлов давлением».

По теме диссертации опубликована 31 научная работа, в том числе 12 статей в Российских рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ, 9 статей в

журналах, индексируемых в базах Scopus и Web of Science. Материалы диссертации доложены и обсуждены на 12 научных конференциях и семинарах различного уровня. Общий объем работ по теме диссертации составляет 16,25 п.л., из них автору принадлежит 11.51 п.л. (авторский вклад 70 %). Содержание диссертации достаточно полно отражено в опубликованных работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации и личный вклад автора:

Scopus и Web of Science.

1. R. L. Shatalov, V. A. Medvedev, E.E. and S,V, Bogdanov Development and Use of an Electromagnetic Unit for Controlling the Mechanical Properties along the Steel Vessel Height at the Exit from a Rolling-Pressing Line // Russian Metallurgy (Metally), Vol. 2022, No. 6, pp. 628–633 DOI: 10.1134./S0036029522060210
2. R. L. Shatalov, V. A. Medvedev Deformation Temperature Conditions Providing Prescribed Property Uniformity for Steel Vessels and a Device for Non-Destructive Control // Metallurgist, 2022., No. 1 pp. 1117-1124 DOI: 10.1007/s11015-022-01254-w
3. R. L. Shatalov, V. A. Medvedev Control of properties and structure of steel vessels by cooling in various media at the outlet of rolling and pressing lines // CHERNYE METALLY, 2021, № 2, pp. 34-38 DOI:10.17580/chm.2021.02.06
4. Shatalov, R.L.,Tepalin S.A. Medvedev V.A. Distribution of decarburized layer and hardness of vessels made of 50 steel after hot stamping on a rolling –press line // CHERNYE METALLY, 2020, № 5, pp. 36-41
5. R. L. Shatalov, A. E. Shelest and V. A. Medvedev Electromagnetic Device for Nondestructive Control of the Mechanical Properties of Thin-Walled Steel Vessels Russian Metallurgy (Metally), Vol. 2020, No. 3, pp. 259–264 DOI: 10.1134./S003602952003012X
6. R. L. Shatalov and V. A. Medvedev Formation of the structure and decarburized layer during hot screw rolling of vessels // Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020., pp. 718-723 IOP 718 012016 DOI:10.1088/1757-899X/718/1/0120165
7. R. L. Shatalov, V. A. Medvedev Regulation of the Rolling Temperature of Blanks of Steel Vessels in a Rolling-Press Line for the Stabilization of Mechanical Properties // Metallurgist, 2020., No. 1 pp. 1071-1076 DOI: 10.1007/S11015-020-00925-W
8. R. L. Shatalov, V. A. Medvedev, E.E. Zagoskin Determination of mechanical properties of steel thinwalled vessels by hardness after hot screw rolling with subsequent stamping and quenching // CHERNYE METALLY, 2019., № 7, pp. 30–36

9. R. L. Shatalov, V. A. Medvedev Effect of Deformed Workpiece Temperature Inhomogeneity on Mechanical Properties of Thin-Walled Steel Vessels During Treatment in a Rolling and Pressing Line // Metallurgist, 2019., No. 5 pp. 182-186 DOI: 10.1007/s11015-19-00807-W

ВАК

10. Шаталов Р.Л., Медведев В.А., Богданов С.В. Разработка и использование электромагнитной установки контроля механических свойств по высоте стальных сосудов на выходе прокатно-прессовой линии // Электрометаллургия. 2022 г., №4, С. 26-33 DOI: 10.31044/1684-5781-2022-0-4-26-33

11. Шаталов Р.Л., Медведев В.А. Температурные условия деформирования, обеспечивающие заданную неоднородность свойств стальных сосудов, и устройство для неразрушающего контроля // Металлург, 2021., №10. С49-54 DOI 10.52351/00260827_2021_10_49

12. Шаталов Р.Л., Медведев В.А. Влияние дисперсности фаз и размера зерна на твёрдость стальных сосудов на выходе прокатно-прессовой линии // Заготовительные производства в машиностроении, Том 19 №7 2021 г., С. 318-321 DOI: 10.36652/1684-1107-2021-19-7-318-321

13. Шаталов Р.Л., Медведев В.А. Управление свойствами и структурой стальных сосудов охлаждением в различных средах на выходе прокатно-прессовой линии // Чёрные металлы, №2, 2021 г., С. 34-38 DOI: 10.17580/chm.2021.02.06

14. Медведев В.А., Шаталов Р.Л. Управление свойствами и структурой горячедеформированных сосудов варьированием охлаждающих сред на выходе прокатно-прессовой линии // Технология металлов, 2020 г., №10, С. 35-40 DOI: 10.31044/1684-2499-2020-0-10-35-39

15. Шаталов Р.Л., Медведев В.А. Распределение обезуглероженного слоя и твёрдости сосудов из стали 50 после горячей штамповки на прокатно-прессовой линии // Чёрные металлы, Москва 2020 г., №7, С. 36-41

16. Шаталов Р.Л., Шелест А.Е., Медведев В.А. Разработка и исследование электромагнитного устройства неразрушающего контроля механических свойств стальных тонкостенных сосудов // Металлы, 2020 №2., С. 109-115 DOI:0.1134/s003602952003012x

17. Шаталов Р.Л., Петров П.А., Медведев В.А. Разработка режима и средства управления температурой стальных тонкостенных сосудов в процессе штамповки, обеспечивающего заданные механические свойства на прокатно-прессовой линии // Производство проката, 2019 г., №11., С. 31-37 DOI:10.31044/1814-4632-2019-0-11-31-36

18. Шаталов Р.Л., Медведев В.А. Управление температурой прокатки заготовок стальных сосудов на прокатно-прессовой линии для стабилизации механических свойств // Металлург, 2019 г., №10. С. 64-68. DOI: 10.1007/s11015-020-00925-w

19. Шаталов Р.Л., Медведев В.А., Загоскин Е.Е. Определение механических свойств стальных тонкостенных сосудов по твёрдости после горячей винтовой прокатки с последующей штамповкой и закалкой // Чёрные металлы, 2019 г., №7, С. 36-41

20. Медведев В.А., Шаталов Р.Л., Генкин А.Л. Влияние условий горячего деформирования стальных сосудов на структуру и механические свойства // Известия Тульского государственного университета, 2019 г., Вып. 5.Ч. 1. С. 215-221

21. Шаталов Р.Л., Медведев В.А. Влияние неравномерности температуры деформируемой заготовки на механические свойства тонкостенных стальных сосудов при обработке на прокатно-прессовой линии // Металлург. 2019. №2. С. 53-58. DOI:10.1007/s11015-019-00807-w

Личный вклад автора в перечисленных публикациях состоял в проведении экспериментов, анализе, обработке данных и интерпретации полученных результатов.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

первого заместителя генерального директора АХК ВНИИМЕТМАШ им. Академика А.И. Целикова, кандидата технических наук, профессора Бориса Александровича Сивак; главного прокатчика АО «Волжский трубный завод», кандидата технических наук Андрея Владимировича Красикова; профессора кафедры «Обработка металлов давлением» института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» доктора технических наук, профессора Сергея Борисовича Сидельникова и доцента кафедры «Обработка металлов давлением» института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» кандидата технических наук, доцента Игоря Лазаревича Константинова; доктора технических наук, профессора кафедры систем пластического деформирования ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» Евгения Николаевича Сосёнушкина; директора Центра сталей для труб и сварных конструкций Научного центра качественных сталей, ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», кандидата технических наук Максима Юрьевича Матросова; заведующего кафедрой «Обработка металлов давлением» ФГАОУ ВО «Уральский

федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доктора технических наук, доцента, Данила Леонидовича Шварца; доктора технических наук, доцента, профессора кафедры технологий обработки материалов, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» Дениса Николаевича Чикишева; главного научного сотрудника Научного центра качественных сталей ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» доктора технических наук Анатолия Николаевича Никулина; заведующего кафедрой «Машины и технологии обработки давлением и машиностроения» ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», доктора технических наук, профессора, Сергея Иосифовича Платова; научного руководителя инженерно-технологического центра АО «Выксунский металлургический завод» (АО «ВМЗ»), доктора технических наук, Леонида Иосифовича Эфрона.

Все отзывы положительные. В отзывах содержатся критические замечания, например:

- Не приведены изменения геометрических размеров деформирующего инструмента в процессе винтовой прокатки и штамповки;
- Не проанализирована рациональность компоновки оборудования, входящего в прокатно-прессовую линию;
- Не исследовано влияние настроек валков винтового прокатного стана на формирование механических свойств сосудов из стали 50;
- На стр. 3 автор утверждает, что в металле происходят процессы неодинакового упрочнения и разупрочнения из-за нестабильности кристаллической решетки, хотя правильнее было бы говорить о неоднородности структуры металла сосудов, что и было изучено в данной работе;
- В работе следует отметить путаницу в терминологии, например, автор пишет «круглый сосуд с дном», хотя понятно, что бездонных сосудов не бывает, а круглое у сосудов, исследованных автором, только сечение, при этом сам сосуд имеет форму полого цилиндра с плоским дном;

- В автореферате (рис. 11) на графике непонятно, что понимается под твёрдостью сосуда;
- Следует отметить небрежность в оформлении текста автореферата, в котором, в частности, встречаются страницы (например, 3) текст которых набран без абзацного отступа;
- Не исследовано влияние изменения температуры деформирующего инструмента при прокатке и штамповке на качество полуфабриката;
- При проведении предварительного нагрева и выдержки заготовок, следовало бы использовать защитные газовые среды во избежание окисления и обезуглероживания;
- Рис. 4 автореферата название содержит «скорость охлаждения», тогда как по осям откладываются температура и время;
- Стр. 16 автореферата нужно пояснение физического смысла введённого автором термина «траектория изменения температуры»;
- Текст автореферата не вычитан десятичные дроби содержат разные разделители, отсутствуют знаки пунктуации, не согласованность числительных в единственном и множественном числе, грамматические ошибки типа «соративление» - подпись рис. 12, «состовляет» - стр. 20 и. т.п. Это говорит о небрежности или пренебрежению к родному языку;
- Объём автореферата 29 стр. превышен, почти вдвое;
- Не исследовано влияние режимов управления температурой на формирование размеров сосудов из стали 50;
- Не достаточно исследована анизотропия структуры по длине кабалённого проката с выравненной температурой;
- Не приведено время и способ перемещения нагретых полуфабрикатов между прокатным станом и горизонтальным винтовым прессом;
- Не разработаны рекомендации по точности и методам контроля температуры сосудов на различных этапах обработки полуфабрикатов на прокатно-прессовой линии;

- Не исследована возможность использования заготовок из легированных сталей для производства сосудов на прокатно-прессовой линии;
- На винтовом стане и прессе не приведены прилагаемые нагрузки на оборудование;
- В названии диссертации не полностью отражён тот объём исследований и разработок, которые были выполнены соискателем;
- На прокатно-прессовой линии не использована возможность использования легированных сталей для производства качественных сосудов;
- На винтовом прокатном стане и прессе не преведены силовые показатели процессов деформирования;
- Не ясно, как влияют деформационно-скоростные режимы на изменение температуры и свойств полуфабрикатов в процессе прокатки и штамповки;
- В автореферате не приведено обоснование того, что используемая схема производства стальных сосудов на прокатно-прессовой линии может быть отнесена к термомеханической обработке;
- В тексте автореферата имеются опечатки.

На все критические замечания даны подробные и исчерпывающие ответы (см. стенограмму).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетенцией, наличием публикаций и достижений в области обработки металлов давлением, в частности горячей винтовой прокатки и штамповки стальных сосудов, и способностью определить научную и практическую ценность представленной в диссертационный совет диссертации.

Диссертационный совет ИМЕТ РАН отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Установлены на прокатно-прессовой линии нестационарные условия разогрева и охлаждения в процессе горячей винтовой прокатки с последующей штамповкой и скорости охлаждения при закалке. 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 механически 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 твердости 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. Показано, что применение различных охлаждающих сред обеспечивает управление твёрдостью в диапазоне от 217 до 555НВ;

- Впервые получены полиномиальные 2-го порядка зависимости механических свойств от удельной электропроводности и величины э.д.с. сосудов из стали 50, позволившие разработать методику неразрушающего контроля свойств на выходе прокатно-прессовой линии.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- Установлено методами компьютерного моделирования и опытно-промышленного эксперимента, что влияние неравномерности температуры приводит к неравномерности распределения свойств по длине сосудов из стали 50 на 25 – 35%, а именно: $\sigma_{0.2}$ 474 и 660 МПа, $\sigma_в$ 719 и 978 МПа, δ 13 и 18% и ψ 23 и 35% и НВ 210-287 МПа.

- Получены линейные уравнения, описывающие влияние неравномерности температуры на скорость закалки, позволяющие прогнозировать формирование микроструктуры и механических свойств сосудов из стали 50

- Разработаны рациональные температурно-деформационные режимы, обеспечивающие заданные механические свойства по высоте и сечению сосудов из стали 50, а именно твёрдость 200 и 300 НВ, МПа, $\sigma_{0.2}$ 500 и 700 МПа, $\sigma_в$ 700 и 1000 МПа, δ 13 и 18% и ψ 22 и 35% с отклонением не более 5%.

- Разработан экспериментально обоснованный дискретный способ управления твёрдостью сосудов варьированием охлаждающих сред при закалке проката на прокатно-прессовой линии. Определена скорость закалки в зависимости от применяемых охлаждающих сред: 1 – вода (70^0 С/с), 2 – полимерный раствор 1% (46 ^{0} С/с), 3 – индустриальное минеральное масло И20 (32^0 С/с), полимерный раствор 3% (28^0 С/с), 5 – полимерный раствор 5% (28^0 С/с), 6 – полимерный раствор 7% (20^0 С/с). Показано что применение различных охлаждающих сред обеспечивает управление твёрдостью в диапазоне от 217 до 555 НВ. Получено уравнение, устанавливающее связь влияние концентрации полимера в воде на скорость охлаждения сосуда при закалке.

- Установлена связь между неравномерностью индукционного нагрева и временем необходимым для выравнивания температуры в печи сопротивления по сечению прутков-заготовок. Построено уравнение, с использованием которого, возможно определять время выдержки, для последующей стабильной прокатки и штамповки. Установлено влияние температуры, времени и степени деформации на слой обезуглероживания и распределение твёрдости по сечению стального проката. Получено уравнение, устанавливающее связь между слоем обезуглероживания и распределением твёрдости по сечению сосудов из стали 50 на выходе прокатно-прессовой линии.

- Определены количественные связи между механическими и физическими свойствами сосудов из стали 50 на выходе прокатно-прессовой линии. Получены уравнения, позволяющие вычислять временное сопротивление разрыву и относительное удлинение на основе измерений удельной электропроводности и величины э.д.с. характеризующие магнитные свойства проката.

Значение полученных соискателем результатов исследования **для практики** подтверждается тем, что:

Основные результаты работы опробованы и внедрены на прокатно-прессовой линии машиностроительного предприятия БФ АО «НПО «Прибор» им. С.С. Голембиовского:

- Разработана и внедрена технология и оборудование для управления температурными режимами прокатки и штамповки на прокатно-прессовой линии. Разработанные режимы 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, снижающую себестоимость сосудов из стали 50 на выходе прокатно-прессовой линии на 3-5%.

Оценка **достоверности** результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с использованием современных измерительных приборов, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;

- теория построена на известных проверяемых данных, полученные результаты согласуются с опубликованными по тематике диссертации;

- идея базируется на анализе и обобщении практического и теоретического международного опыта исследования материалов, методов их получения и модификации за последние несколько десятилетий;

- установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

- использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя:

- все вошедшие в диссертационную работу результаты получены лично автором либо при его непосредственном участии, интерпретация основных научных результатов осуществлялась с соавторами публикаций;

- результаты диссертационной работы были доложены и обсуждались на 12

научных конференциях.

Тема диссертации, а также ее проблематика и содержание, соответствуют паспорту специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением (области исследований п.1,2,3,4 и п.5).

Диссертация Медведева Вадима Анатольевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой разработаны и исследованы режимы термомеханической обработки, обеспечивающие заданные свойства стальных сосудов на выходе прокатно-прессовой линии, что имеет существенное значение для развития страны.

На заседании 29 марта 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Медведеву Вадиму Анатольевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 6 докторов наук специальности 2.6.4 – Обработка металлов давлением, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 15, против присуждения учёной степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного
совета 24.1.078.02, д.т.н. В.С. Юсупов

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.1.078.02, к.т.н. В.А. Андреев

29 марта 2023 года

Подпись В.С. Юсупова и В.А. Андреева заверяю:
Ученый секретарь ИМЕТ РАН, к.т.н. О.Н. Фомина