

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.323.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 11.09.2025 №45

О присуждении Белозир Ирине Ивановне, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование технологии свободного дорнования цилиндрических заготовок из порошковых медно-титановых материалов» по специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением принята к защите 08.07.2025 г. (протокол заседания № 44) диссертационным советом 24.2.323.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Липецкий государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 398055, г. Липецк, ул. Московская, 30, приказ о создании диссертационного совета №546/нк от 01 июня 2019 года.

Соискатель Белозир Ирина Ивановна, 24 декабря 1982 года рождения, в 2005 году окончила Восточнoукраинский национальный университет имени Владимира Даля получила полное высшее образование по специальности «Прикладное материаловедение» и приобрела квалификацию специалиста по прикладному материаловедению, после окончания университета работала на ПАО «Лугансктепловоз» в должности ведущего инженера - технолога отдела защитных покрытий и термической обработки. С 01.12.2022 г. по настоящее время работает на кафедре «Материаловедение» ЛГУ им. В. Даля, в должности старшего преподавателя. В период с 25.02.2023г. по 25.02.2026г. Белозир И.И.

была прикреплена к ЛГУ им. В. Даля для подготовки диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук без освоения программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре. Справки о сдаче кандидатских экзаменов выданы 31.03.2025 г. в Луганском государственном университете имени Владимира Даля и 10.06.2025 г. в Донецком национальном техническом университете (справки прилагаются).

Диссертация выполнена на кафедре «Материаловедения» ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Рябичева Людмила Александровна, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», кафедра «Материаловедения», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Лавриненко Владислав Юрьевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технологии обработки материалов» «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», (г. Москва);

Вайцехович Сергей Михайлович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник АО «Научно-производственное объединение «Техномаш» имени С.А. Афанасьева» (г. Москва);

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк. В своём положительном отзыве, подписанном Закарлюкой Сергеем Владимировичем, кандидатом технических наук, заведующим кафедрой обработки металлов давлением, Яковченко Александром Васильевичем, доктором технических наук, профессором кафедры обработки металлов давлением, утверждённым Борщевским Сергеем

Васильевичем, доктором технических наук, профессором, проректором федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет», указала, что диссертация соответствует требованиям Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (с изменениями).

Соискатель имеет 18 работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых изданиях из перечня рекомендованных ВАК РФ и 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК МОН ЛНР.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Белозир, И.И. Влияние пористости и степени толстостенности порошковых заготовок на процесс дорнования отверстий / Л.А. Рябичева, И.И. Белозир // *Металлообработка*, №3 (135) / Издательство «Политехника» (Санкт-Петербург) — 2023, с. 51–58.

2. Белозир, И.И. Остаточные напряжения при свободном дорновании отверстий в порошковых полых заготовках / Л.А. Рябичева, И.И. Белозир // *Физика и техника высоких давлений* 2024. Том 34, № 2, с. 105-112.

3. Белозир, И.И. Экспериментальные и теоретические исследования процесса дорнования заготовок втулок из различных материалов / Л.А. Рябичева, И.И. Белозир // *Заготовительные производства в машиностроении*. 2025. Т. 23, № 1. С. 48-51. DOI: 10.36652/1684-1107-2025-23-1-48-51.

4. Белозир, И.И. Разработка технологии изготовления детали «втулка» из порошкового материала на основе меди с содержанием титана прямым выдавливанием / Л.А. Рябичева, И.И. Белозир // *Заготовительные производства в машиностроении*. 2025. №2. С.71-75.

5. Белозир, И.И. Формирование дефектов при свободном дорновании порошковых заготовок / Л.А. Рябичева, И.И. Белозир // *Ресурсосберегающие технологии производства и обработки давлением материалов в машиностроении* / Научный журнал – №2. – 2023. – Луганск: изд-во ЛГУ им. В. Даля. – С. 10-17.

6. Белозир, И.И. Влияние пористости на напряженно-деформированное состояние при свободном дорновании полого цилиндра / Л.А. Рябичева, И.И. Белозир // Мехатроника, автоматика и робототехника. (Санкт-Петербург), – 2023. – №11. – С. 105-109.

7. Belozir, I.I. Evolution of physical and mechanical properties during free burnishing of a powder billet / L.A. Ryabicheva, I.I. Belozir // USA, Seattle, Journal of Advanced Research in Technical Science, 2023, № 35. P.P. 11-14. ISSN 2474-5901, SRC MS.

8. Belozir, I.I. Modeling of technological parameters of free burnishing of powdered porous billet / L.A. Ryabicheva, I.I. Belozir // USA, Seattle, Journal of Advanced Research in Technical Science, 2023, № 36. P.P. 90-94. ISSN 2474-5901, SRC MS.

9. Белозир, И.И. Свободное дорнование порошкового полого цилиндра разной высоты / Л.А. Рябичева, И.И. Белозир // Современная наука: Актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XXIX Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2023. – 348 стр. – С.30–34.

10. Белозир, И.И. Влияние параметров инструмента на качество порошковой заготовки при свободном дорновании / Л.А. Рябичева, И.И. Белозир Сб. трудов XXX международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века» 12–18 сентября 2023 г, г. Севастополь - Донецк, 2023. С. 291-296.

11. Белозир, И.И. Инструмент для свободного дорнования деталей из порошковых материалов / Л.А. Рябичева, И.И. Белозир // Сб. тезисов VIII Международная научно–техническая конференция «Пути совершенствования технологических процессов и оборудования промышленного производства». Алчевск, 2024.

В работах, написанных в соавторстве и приведённых в автореферате, лично соискателем получены следующие результаты:

В статьях [1, 5, 6, 8–10] с применением компьютерного моделирования в программном комплексе DEFORM-3D исследовано влияние геометрических параметров полых порошковых заготовок, величины натяга, угла заборного конуса дорна и исходной пористости на силу дорнования, распределение остаточных напряжений, относительную плотность и качество уплотнённого слоя. Установлено, что увеличение пористости снижает интенсивность напряжений и деформаций [6]. Показано, что при увеличении натяга и угла заборного конуса до 15° достигается относительная плотность до 0,98, однако уменьшается ширина уплотнённого слоя и изменяется характер пластической деформации [8–10]. В исследованиях [2–4, 7, 11] проведён анализ влияния химического состава, степени толстостенности и микроструктуры на физико-механические свойства заготовок после свободного дорнования. Сравнительные испытания показали, что порошковая бронза имеет более высокий уровень напряжений в уплотнённом слое, а медно-титановый материал - большую ширину упрочнённого слоя за счёт высокой пластичности медной основы [3]. Технология прямого выдавливания втулки из медно-титанового сплава с 6 % титана позволила получить детали с оптимальной микроструктурой и повышенными эксплуатационными характеристиками [4]. Свободное дорнование обеспечивает упрочнение поверхностного слоя и повышение износостойкости [11].

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Родина А.О., д.ф. - м.н., профессора кафедры физической химии НИТУ МИСИС (г. Москва). Отзыв положительный, замечания: В частности, в автореферате недостаточно подробно представлена информация об экспериментальной части: отсутствуют данные о количестве проведённых испытаний, условиях их выполнения, а также не дана оценка статистической достоверности полученных результатов. Это затрудняет объективную оценку

полноты и воспроизводимости экспериментальной базы исследования.

2. Леонтьева Л.И. вед. эксперта, д.т.н., профессора кафедры ФГАОУ ВО «НИТУ «МИСиС», академика, члена Президиума РАН; председателя научного совета по металлургии и металловедению (г. Москва). Отзыв положительный, замечания: 1. Из автореферата неясно, проверялось ли усилие дорнования экспериментально и какая разница экспериментального усилия и полученного моделированием. 2. Насколько повысилась прочность поверхностного слоя отверстия в результате дорнования и есть ли данные, связывающие повышение прочности с износостойкостью.

3. Снитко С.А. д.т.н., доцента, технолога производства дирекции строящегося комплекса по колесопрокатному производству АО «Уральская Сталь» (г. Новотроицк). Отзыв положительный, замечания: В диссертации недостаточно обоснован выбор угла заборного конуса дорна (4°), при том что указано, что при увеличении угла заборного конуса наблюдается увеличение эффективности уплотнения (относительная пористость возрастает до 0,98). Кроме того, не определены граничные значения геометрических параметров, при которых происходит разрушение заготовки.

4. Вишневого Д.А., д.т.н., профессора, ректора ФГБОУ «ДонГТУ» (г. Алчевск), Коробко Т.Б., к.т.н., доцента ФГБОУ «ДонГТУ» (г. Алчевск).

Отзыв положительный, замечания: В частности, не представлена информация о возможности универсального применения полученных оптимальных параметров свободного дорнования для различных марок порошковых материалов, что требует дополнительного изучения.

Также отсутствуют сведения об оптимальной скорости деформирования при дорновании и её влиянии на напряжённо-деформированное состояние материала, что ограничивает полноту представления о кинематических аспектах процесса.

5. Мамутова В.С., д.т.н., профессора, профессора «Высшей школы машиностроения», ИММиТ (г. Санкт-Петербург).

Отзыв положительный, замечания: 1. Недостаточно аргументирован выбор именно медно-титановой композиции по сравнению с альтернативными порошковыми материалами. 2. Не рассмотрены потенциальные возможности комбинирования свободного дорнования с другими видами обработки.

6. Дядичева В.В., д.т.н., профессора, профессора кафедры компьютерной инженерии и моделирования Физико-технического института ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» (г. Симферополь).

Отзыв положительный, замечания: К замечаниям по работе можно отнести отсутствие подробного анализа возможных дефектов, возникающих в процессе дорнования, таких как микротрещины, неоднородности уплотнения или потери формы, за исключением краткого упоминания о срезе металла.

7. Прокофьевой О.В., к.т.н., зам. директора по научной работе ФГБНУ ДОНФТИ (г. Донецк).

Отзыв положительный, замечания: В качестве частного замечания можно отметить ограниченность анализа влияния промежуточной пористости (рассматривались только 6%, 15% и 24%). Целесообразно расширить диапазон и исследовать микроструктурные изменения уплотнённого слоя с применением с применением высокоразрешающей микроскопии и количественного фазового анализа.

8. Калиты В.И. д.т.н., г.н.с., заведующего лаборатории физикохимии и технологии покрытий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (г. Москва).

Отзыв положительный, замечания: 1. Во второй главе представлен теоретический анализ и использование компьютерного моделирования в DEFORM-3D. Следовало бы подробнее раскрыть связь теоретических выводов с практическими рекомендациями по оптимизации технологических параметров дорнования. 2. В пятой главе разработаны технологии дорнования втулок и втулок с фланцем. Было бы полезно провести сравнительный анализ с

традиционно применяемыми материалами (например, бронзами БрОЦС, БрАЖН) по комплексу свойств и производственным затратам.

9. Шелеста А.Е. д.т.н., профессора, в.н.с. Лаборатории пластической деформации металлических материалов. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (г. Москва).

Отзыв положительный, замечания: Ограниченность по материалу. Исследование выполнено на композите с фиксированным содержанием титана (6%). Однако не рассматриваются возможные варианты изменения состава - влияние добавок или иных легирующих компонентов на процесс дорнования. Это сужает возможности распространение результатов для других составов порошковых сплавов.

На замечание даны подробные ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследований и способностью определить научную и практическую ценность диссертации, а также их согласием.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработано на основе теории пластичности пористых тел теоретическое обоснование свободного дорнования порошковых пористых полых заготовок, позволяющее анализировать распределение напряженно-деформированного состояния, плотности, остаточных напряжений, силы дорнования;

на основе полученных результатов анализа параметров технологии предложено использовать свободное дорнование для уплотнения и упрочнения внутреннего поверхностного слоя отверстия тонко- и толстостенных порошковых заготовок типа «втулка» и «втулка с фланцем»;

доказано, что увеличение силы дорнования происходит при уменьшении пористости, увеличении степени толстостенности, относительного натяга и

угла заборного конуса, что приводит к увеличению плотности и качества деформированной области;

введён термин для порошковых пористых заготовок с отношением $D_o/d_o < 2,24$ - «тонкостенные» и $D_o/d_o > 2,24$ - «толстостенные», что связано с изменением силы дорнования, которая для «толстостенных» полых заготовок постоянна и будет больше, чем для «тонкостенных» из-за большего объёма металла участвующего в деформации.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана целесообразность внедрения свободного дорнования для тонко- и толстостенных порошковых пористых «втулок» и «втулок с фланцем» в результате уплотнения и упрочнения поверхностного слоя отверстия, уменьшения металлоёмкости на 30%, повышения износостойкости на 15%, сокращения трудоёмкости изготовления деталей в 1,2 раза;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован метод компьютерного моделирования с применением программного комплекса DEFORM-3D, теории пластичности пористого тела, метод физического моделирования, планирования эксперимента;

изложены доказательства влияния пористости, геометрических размеров заготовки и технологических параметров инструмента на энергосиловые режимы и формирование напряженно-деформированного состояния в порошковых полых заготовках;

раскрыты возможности свободного дорнования для порошковых пористых полых заготовок, позволяющие повысить их износостойкость;

изучены причинно-следственные связи уменьшения пористости, увеличения твёрдости, уменьшения величины зерна с увеличением гидростатического сжатия при свободном дорновании.

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

разработаны и переданы в технический отдел ООО «ЛУГАМАШ» результаты исследования, включающие технологические процессы изготовления деталей, зависимости напряжений и силы дорнования от пористости, чертежи штампов и методику расчёта заготовок;

определены перспективы практического использования результатов диссертационного исследования при внедрении свободного дорнования в технологические процессы машиностроительных предприятий;

представлены материалы по использованию в учебном процессе ЛГУ им. В. Даля на кафедре материаловедения при подготовке специалистов по направлениям 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» профиль «Композиционные и порошковые материалы, покрытия» и 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» магистерская программа «Функциональные материалы, покрытия».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании, в том числе гидравлическом прессе модели ПД-476 силой 1600 кН, достигнута согласованность между расчётными и экспериментальными данными;

теория построена на известных, проверяемых фактах, посвящённых расчёту и анализу напряженно-деформированного состояния порошковых пористых полых заготовок, и согласуется с ранее опубликованными данными по теме диссертации;

идея базируется на обобщении теоретических знаний и практических наработок в области выполнения свободного дорнования, анализе требований к перспективной продукции с учётом возможностей оборудования для её производства на существующем оборудовании;

использовано сравнение результатов с данными, полученными на лабораторных гидравлических прессах, и данными, полученными ранее по рассматриваемой тематике;

установлено качественное совпадение параметров напряженно-деформированного состояния, полученных при компьютерном моделировании, с экспериментальными данными свободного дорнования порошковых пористых полых заготовок;

использованы методики обработки исходных данных с применением современных информационных технологий, представлены выборочные совокупности с обоснованием объектов наблюдения и измерения при исследовании энергосиловых параметров свободного дорнования, дефектов, структуры деформированной поверхности.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии во всех этапах процесса диссертационного исследования, в том числе проведении экспериментальных исследований на лабораторном гидравлическом прессе; разработке и анализе результатов компьютерного моделирования свободного дорнования; обработке и анализе экспериментальных данных и результатов компьютерного моделирования; оценке качества заготовок и их эксплуатационных свойств; обобщении и формулировке основных положений и выводов; подготовке публикаций по теме диссертационного исследования.

В ходе защиты диссертации критических замечаний не было высказано.

Соискатель Белозир И.И. ответила на заданные ей вопросы и привела собственную аргументацию об актуальности проведённых исследований и полученных результатах, а также отметила, что высказанные положения будут учтены в будущей работе.

На заседании 11 сентября 2025 года диссертационный совет принял решение:

за новые научно обоснованные технологические решения по применению свободного дорнования для уплотнения и упрочнения внутренней поверхности медно-титановой порошковой заготовки типа «втулка» и «втулка с фланцем», обеспечивающие снижение металлоёмкости, увеличение износостойкости и уменьшение трудоёмкости и имеющие существенное значение для развития производства, присудить Белозир И.И. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 7 докторов наук по научной специальности 2.6.4. Обработка металлов давлением, из 17 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали:

за - 13, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель
диссертационного совета



А.К. Погодаев

Учёный секретарь
Диссертационного совета

И.А. Седых