

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.479.14,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25.11.2025 г. № 15

О присуждении Аксенову Денису Алексеевичу, гражданину РФ, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Немонотонное изменение структуры и физико-механических свойств при кручении под высоким давлением сплава Cu-0,6Cr-0,1Zr» по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы принята к защите 15.09.2025 г., протокол № 10, диссертационным советом 24.2.479.14 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32, созданного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1977/нк от 18.10.2023 г.

Соискатель **Аксенов Денис Алексеевич**, 13.08.1985 года рождения, в 2008 году соискатель окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» Министерство образования и науки Российской Федерации по специальности «Физика металлов» с присвоением квалификации инженер-физик.

Соискатель Аксенов Д.А. работает в должности младшего научного сотрудника Института физики молекул и кристаллов - обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В 2015 году окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Институт физики молекул и кристаллов» Уфимского научного центра Российской академии наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Диссертация выполнена в лаборатории физики твёрдого тела Института физики молекул и кристаллов - обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель — кандидат физико-математических наук Фаизова Светлана Никитична, доцент кафедры «Технологические машины и оборудование» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

Официальные оппоненты:

Страумал Борис Борисович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией поверхностей раздела в металлах Федерального государственного бюджетного научного учреждения Институт физики твёрдого тела им. Ю.А. Осипяна Российской академии наук, г. Черноголовка;

Имаев Марсель Фанирович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник временного творческого коллектива «Сварка трением» Федерального государственного бюджетного научного учреждения Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа,
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинский государственный университет» (г. Тольятти), в своем **положительном отзыве**, подписанном Мерсоном Дмитрием Львовичем, д.ф.-м.н., профессором, директором Научно-исследовательского института прогрессивных технологий Тольяттинского государственного университета, указала, что «По научному уровню полученных результатов, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённых Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции Постановления

Правительства РФ от 25.01.2024 г. № 62), а ее автор Аксенов Денис Алексеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы».

Соискатель имеет 8 научных работ по теме диссертации, в том числе 6 из которых опубликованы в рецензируемых журналах из перечня ВАК, 2 в журналах из перечня наукометрической базы данных SCOPUS. Общий объем публикаций составляет 3,4 п.л., личный вклад соискателя – 1,4 п.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации; соискатель ссылается на авторов и источники заимствования.

Наиболее значимые работы: 1. Unusual kinetics of strain-induced diffusional phase transformations in Cu-Cr-Zr alloy // Faizova, S. N., Aksenov, D. A., Faizov, I. A., Nazarov, K. S. // Letters on Materials. - 2021. -V. 11. No. 2. —P. 218-222. (KI, ВАК, 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы (физико-математические науки)). Представлено исследование влияния кручения под высоким давлением сплава Cu-0,6Cr-0,1Zr с низкой концентрацией твердого раствора хрома и циркония на фазовые превращения. Установлена стадийная модель фазовых превращений – с ростом накопленной степени деформации ϵ от 0 до 70 происходит преимущественно механическое измельчение исходных частиц вторых фаз до наноструктурных размеров, при дальнейшем росте ϵ до ≈ 110 происходит преимущественно растворение вторых фаз с формированием пересыщенного твердого раствора, а при $\epsilon > 125$ происходит распад пересыщенного твердого раствора и динамическое старение с формированием наноразмерных частиц. 2. Растворение частиц вторых фаз в низколегированном медном сплаве системы Cu-Cr-Zr при обработке методом равноканального углового прессования / И.А. Фаизов, Р.Р. Мулюков, Д.А. Аксенов, С.Н. Файзова, Н.В. Землякова, К.Р. Cardoso, Y. Zeng. Письма о материалах. - 2018. -Т. 8. № 1 (29). -С. 110-114. (К1 ВАК, 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы (физико-математические науки)). Установлено, что в условиях интенсивной пластической деформации происходит механическое разрушение частиц вторых фаз, приводящее к образованию неравновесных поверхностей (острых граней), которые впоследствии подвержены растворению. 3. Вклад механизмов упрочнения при немонотонном изменении свойств в сплаве Cu-0,6Cr-0,1Zr при кручении под высоким давлением / Д.А. Аксенов, С.Н. Файзова, И.А. Фаизов //

Frontier Materials & Technologies. - 2022. - Т. 3. № 1 - С.23-32. (К2, ВАК, 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы (физико-математические науки)). Показано, что в процессе кручения под высоким давлением сплава системы Cu-Cr-Zr с низкой концентрацией твердого раствора хрома и циркония на 6 обороте происходит уменьшение доли вклада в предел текучести дисперсных частиц в 2,1 раза и увеличение доли твердорастворного упрочнения в 6 раз, что объясняется процессом деформационно-индуцированного растворения частиц вторых фаз. При дальнейшей деформации - после 7 оборота, когда происходит деформационно-стимулированный распад пересыщенного твердого раствора и образование частиц вторых фаз, наблюдается увеличение доли вклада дисперсных частиц в 2,4 раза и снижение доли вклада от твердорастворного упрочнения более чем в 6 раз.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Мерсон Д.Л., д.ф.-м.н., профессор, директор Научно-исследовательского института прогрессивных технологий **ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»** (ведущая организация). Замечания: **1)** В разделе 2.12 нет сведений о том, в какой конкретно области образцов проводились замеры микротвердости; **2)** В разделе 2.13 сказано, что наряду с прочностными характеристиками образцов определялись характеристики пластичности: относительное удлинение и относительное сужение, однако в тексте диссертации нет никаких сведений об этих результатах, кроме того, для плоских образцов согласно ГОСТ 1497-84 относительное сужение вообще нельзя определять; **3)** На стр. 78 диссертационной работы приведен рисунок 3.21, на котором представлено явно выраженное уменьшение микротвердости и предела прочности исследуемого материала на шестом обороте кручения под высоким давлением. На следующих оборотах значения микротвердости и предела прочности восстанавливаются до прежних значений. Несмотря на исчерпывающие объяснения, приведенные автором, хотелось бы уточнить: разрабатывалась ли какая-либо аналитическая модель, объясняющая данное явление и предсказывающая величину падения механических характеристик на определенном обороте кручения под высоким давлением? **4)** В теории упрочнения сейчас активно развивается подход, что складывать механические напряжения для учета разных вкладов не всегда корректно. Для твердорастворного упрочнения — это справедливо. А вот для дислокационного упрочнения — нет, поскольку механическое напряжений нелинейно зависит от

дислокационной плотности, а именно она складывается линейно в случае ее роста. Поэтому формула (3.12) на стр. 80 диссертационной работы не совсем верна, если одновременно учитывает дислокационное и твердорастворное упрочнение. Необходимо пояснить почему в этом случае все-таки можно складывать напряжения и это не приводит к существенной ошибке при сопоставлении с экспериментальными результатами?

2. Страумал Б.Б., д.ф.-м.н. старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией поверхностей раздела в металлах ФГБУН Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук (оппонент). Замечания: **1)** Автор в разделе актуальности указывает такие высокопроизводительные методы как асимметричная прокатка и волочение со сдвигом, однако не уделяет внимание данным методам в первой главе работы; **2)** Вихретоковый метод измерения электропроводности имеет ограничения по геометрическим параметрам образца исследования. Образцы после кручения под высоким давлением имеют малую толщину. В этом ключе в методике электропроводности недостаточно уделено внимания вопросу точности и достоверности получаемых данных по электропроводности; **3)** Известно, что в условиях кручения под высоким давлением напряженное состояние неоднородно по диаметру образца. Можно ли ожидать немонотонное изменение структуры и свойств по диаметру образца? **4)** В работах нашей группы показано, что при больших степенях деформации сплавов меди с другими элементами образуется состояние равновесия твердого раствора и выделений второй фазы, соответствующей некоторой эффективной температуре. Насколько результаты вашей работы согласуются с результатами, наблюдаемыми нами, и можно ли оценить эффективную температуру вашего сплава.

3. Имаев М.Ф., д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник временного творческого коллектива «Сварка трением» ФГБУН Институт проблем сверхпластичности металлов РАН (оппонент). Замечания: **1)** Для вычисления степени накопленной деформации автор использует формулу Мизеса 1913 года, которая учитывает только деформацию сдвига. Между тем при кручении тонкого диска под давлением происходит также и его осадка. В этой связи автору следовало бы использовать более корректную формулу Еникеева-Утяшева, которая учитывает обе компоненты деформации; **2)** Недостаточно полно описана методика измерения удельной электропроводности. Не указано, на каких образцах проводили измерение: на образцах диаметром 3 мм, вырезанных из центральной

части, или на целых заготовках диаметром 10 мм? Кроме того, известно, что показания вихретокового измерителя зависят от толщины образца, особенно сильно в области малых толщин. Очевидно, что толщина образцов зависит от количества оборотов. В работе не указано, приводили ли образцы к одной толщине; 3) Не указано как измеряли размер зерен – с учетом или без учета двойниковых границ; 4) Для анализа ансамбля частиц автор использовал методику экстракционных реплик. Однако, в работе не указана ошибка измерения параметров частиц данным методом. Было бы полезно указать насколько результаты, полученные данным методом, согласуются с другими методиками, например, методами рентгеновской дифракции или просвечивающей микроскопии тонких фольг; 5) В таблице 3.2. указан параметр «N». В тексте и формулах 3.12 – 3.16 этот параметр не встречается. Не ясно, что это за параметр.

4. Мартыненко Н.С., к.т.н., старший научный сотрудник лаборатории металловедения цветных и легких металлов им. ак. А.А. Бочвара ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН. В отзыве отмечено, что полученные данные легли в основу модели, описывающей температурную зависимость растворения частицы в зависимости от ее параметров. Результаты диссертационной работы могут быть использованы для разработки и оптимизации режимов получения высокопрочных медных сплавов, обладающих повышенным уровнем электропроводности. Это, в свою очередь, позволит повысить надёжность и долговечность разрабатываемых для электротехники изделий. В качестве замечаний отмечено следующее: 1) В автореферате диссертации не рассматривается природа интерметаллидных соединений, которые выделяются в сплаве Cu-0,6Cr-0,1Zr в процессе старения и КВД. Известно, что в данном сплаве возможно выделение двух типов частиц: частиц хромовой фазы и частиц, богатых Zr, в частности Cu_5Zr . Автор не рассматривает особенности поведения разных частиц, не выделяет схожие и различные механизмы их осаждения и растворения; 2) На странице 10 автореферата автор утверждает: «Известно, что вклад в электросопротивление дислокаций и границ зёрен незначителен». Данное утверждение не совсем корректно. Да, вклад дефектов кристаллической решётки в изменение электропроводности сплавов значительно ниже вклада от твердорастворного пересыщения, но его все же необходимо учитывать.

2. Титова С.Г., д.ф.-м.н., заведующий лабораторией, главный научный сотрудник лаборатории статики и кинетики процессов им. Г.И. Чуфарова ФГБУН Института металлургии имени академика Н.А. Ватолина Уральского отделения РАН. В отзыве отмечается, что работа Д.А. Аксенова направлена на установление взаимосвязи условий формирования наноструктурного состояния и модификации физических свойств сплава Cu-0,6Cr-0,1Zr , имеющего высокие значения электропроводности и прочности. Модификация морфологии, фазового состава и свойств сплавов при интенсивной пластической деформации является одним из самых перспективных методов получения новых материалов с высокой прочностью, что обусловило актуальность исследования. Вместе с тем, имеется ряд замечаний: **1)** Автор утверждает, без ссылки на какие-либо исследования, что «вклад в электросопротивление дислокаций и границ зерен незначителен» (стр. 10). Однако в работе Р.Г. Чембарисовой [ЖТФ, 2020, т. 90, с. 618, DOI: 10.21883/JTF.2020.04.49087.250-19] для сплава с близким составом Cu-1.8Cr-0.8Zr показано, что после деформации методом РКУП (равноканальное угловое прессование) вклад границ зёрен в электросопротивление сравним с другими вкладами. Следовательно, выделенное курсивом утверждение может, быть неверным, а на этом утверждении основано заключение, что минимум сопротивления при 6 оборотах КВД (рис. 2) связан с изменением состава твёрдого раствора. Было бы уместно подтвердить изменение состава твёрдого раствора с помощью локального микроанализа; **2)** На стр. 6 (Положение 1, выносимое на защиту) фигурирует термин «накопленная степень деформации». В автореферате не содержится метода ее определения, в тексте нет зависимостей свойств и структуры от этой величины; **3)** Указано, что в исходном состоянии сплав практически не содержит мелких частиц размером ~ 10 нм (стр. 11, последний абзац). К сожалению, не приводятся экспериментальные данные о распределении частиц по размерам в целом, указан только диапазон до 110 нм (рис. 5). Мы не видим крупных частиц и не можем судить о том, как и за счет чего происходит формирование мелких частиц. Непонятно, как получены данные рис. 5 о распределении частиц по размерам. Результаты растровой электронной микроскопии (рис.4) не позволяют оценивать размеры частиц ~ 10 нм.

3. Бодякова А.И., к.ф.-м.н., старший преподаватель кафедры материаловедения и нанотехнологий; **Беляков А.Н.**, д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории Механических свойств наноструктурных и жаропрочных

материалов ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет». В отзыве они указали, что разработана феноменологическая модель структурно-фазовых превращений в сплаве Cu-0,6Cr-0,1Zr , позволяющая интерпретировать немонотонное изменение его свойств в процессе КВД для исходно состаренного состояния, содержащего крупные частицы вторых фаз. Положительно оценивая работу в целом, тем не менее, сделаны следующие замечания: 1) Не ясно, осуществлялась ли просвечивающая электронная микроскопия объёмных образцов. Были ли идентифицированы на репликах частицы 2-3 нм, которые наблюдали в данных сплавах при старении на максимальную твёрдость? 2) Не указан размер индентора вихретокового измерителя электрической проводимости. С какой точностью можно позиционировать индентор относительно необходимой области образца? 3) Не обсуждается, с чем связана значительная разница расчётной и экспериментальной прочности сплава после 7 оборотов КВД.

4. **Ткач В.И.**, д.ф.-м.н., старший научный сотрудник, главный научный сотрудник ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина». В отзыве на автореферат отмечается, что работа носит преимущественно экспериментальный характер и содержит результаты структурных исследований (рентгенографический анализ, просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия), термографии (дифференциальная сканирующая калориметрия), измерений механических свойств (микротвёрдость, испытания на растяжение) и электропроводности. Используемые автором современные методы исследования - адекватны поставленным в работе задачам, что обеспечивает достоверность результатов. В качестве замечаний по тексту реферата следует отметить: 1) В анализе структурных изменений в процессе КВД отождествлённых образцов автор не учитывает различную природу частиц вторых фаз; 2) В тексте автореферата не приведена методика оценки плотности дислокаций и отсутствуют оценки пластичности и содержания Cr и Zr в решётке твёрдого раствора; 3) В отношении (б) для оценки вклада дисперсионного упрочнения не описан множитель Φ ; 4) Подпись под рис. 2 не полностью соответствует приведённым графикам.

5. **Рааб Г.И.**, д.т.н., главный научный сотрудник, руководитель лаборатории «Механика градиентных, бимодальных и гетерогенных металлических наноматериалов повышенной прочности и пластичности для перспективных конструкционных применений им. А.П. Жилиева» ФГБОУ ВО «Магнитогорский

Государственный технический университет им. Г.И. Носова». В отзыве отмечено, что достоверность полученных результатов диссертационной работы обеспечивается применением современных аналитических приборов, стандартных методик испытаний, использованием современного технологического и исследовательского оборудования в области материаловедения. Полученные результаты согласуются с литературными данными, а также с теоретическими и практическими результатами представленного направления исследований. Замечания: **1)** В формуле (6) отсутствует расшифровка параметра Φ ; **2)** в работе не отражён вопрос деформационного разогрева в процессе кручения под высоким давлением, хотя некоторые исследователи показывают, теоретически, высокий уровень тепловыделений в локализованных областях, например, в границах микрополос сдвига. Оценивалось ли влияние такого фактора на кинетику структурно-фазовых превращений?

6. Реснина Н.Н., д.ф.-м.н., профессор кафедры общей математики и информатики математико-механического факультета ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный университет". В отзыве отмечено, что растворение частиц вторичной фазы приводит к увеличению содержания хрома и циркония в матрице, что сопровождается уменьшением электропроводности, увеличением параметра решетки твердого раствора, уменьшением микротвердости и предела прочности, что не наблюдается в сплаве, не содержащем вторичные частицы до деформирования. Замечания по автореферату диссертационной работы: **1)** В автореферате нигде не указан химический состав вторичных частиц и их кристаллическая структура; **2)** В тексте автореферата присутствует жаргон, например, «с низкой концентрацией твердого раствора». Концентрация бывает у химических элементов и не бывает концентрации раствора; **3)** В автореферате присутствуют опечатки и неудачные выражения, например, стр. 5. «ведет интенсивному процессу», стр. 6 «результаты могут использованы при...», стр. 8 «состояние с низкой концентрацией», стр. 10 «Поведение параметра решетки».

7. Астафурова Е.Г., д.ф.-м.н., доцент, заведующая лабораторией физики иерархических структур в металлах и сплавах ИФПМ СО РАН; **Майер Г.Г.**, к.ф.-м.н., научный сотрудник лаборатории физики иерархических структур в металлах и сплавах ИФПМ СО РАН. В отзыве отмечено, что решение поставленных в диссертации задач позволило получить новые знания, которые

могут быть использованы при разработке и оптимизации новых технологических процессов получения наноструктурированных материалов с улучшенными свойствами. Замечания: 1) Из текста автореферата не ясно, какие конкретно частицы (состав, кристаллическая структура) описаны в работе.; 2) На рисунке 1 использованы сокращения «КВД ТО». Из текста не понятно, какую термообработку проводили после КВД, она не упоминается в тексте. 3) Какие элементы структуры на рисунке 4 позволяют судить о механизме разрушения частиц при КВД (квазихрупкое разрушение)? Почему разрушение именно «квазихрупкое»?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в данной области наук, наличием публикации в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новая научная идея, обогащающая научную концепцию достижения комплекса повышенных физико-механических свойств в сплаве Cu-0,6Cr-0,1Zr за счёт наноструктурирования методами интенсивной пластической деформации, с учётом немонотонности процессов структурно-фазовых превращений;

предложены оригинальные суждения по заявленной тематике, связывающие влияние исходного структурного состояния на динамические процессы распада и образования твёрдого раствора в ходе интенсивной пластической деформации кручением под высоким давлением и их воздействие на изменение физико-механических свойств исследуемого сплава;

доказано наличие неизвестных ранее зависимостей изменения структурно-фазовых состояний в сплаве Cu-0,6Cr-0,1Zr, связанных с растворением частиц с острыми гранями, особенно нанометрических размеров (порядка 10 нм), и их влиянием на немонотонное изменение концентрации твёрдого раствора и соответствующее изменение удельной электрической проводимости и механических характеристик сплава Cu-0,6Cr-0,1Zr.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие вклад в расширение представлений о структурно-фазовых превращениях, происходящих в процессе КВД. В частности, на примере сплава Cu-0,6Cr-0,1Zr с исходно низкой концентрацией легирующих

элементов в твёрдом растворе показано, что изменения концентрации твёрдого раствора легирующих элементов и ансамбля упрочняющих наночастиц, а также физико-механических свойств происходят в три стадии: с ростом накопленной степени деформации ϵ от 0 до $\epsilon \approx 70$ происходит преимущественно механическое измельчение исходных частиц вторых фаз до наноструктурных размеров (~ 10 нм) с образованием острых граней, при дальнейшем повышении ϵ до ≈ 110 происходит преимущественно растворение вторых фаз с формированием пересыщенного твёрдого раствора, а при $\epsilon > 125$ происходит распад пересыщенного твёрдого раствора и динамическое старение с формированием нанометрических частиц с размером около 10 нм;

применительно к проблематике диссертации результативно **использован** комплекс существующих базовых методов исследования, в т.ч. численных (для анализа вклада механизмов упрочнения в прочность материала, расчёта и оценки концентрации легирующих элементов в твёрдом растворе, коэффициента диффузии хрома в меди) и экспериментальных методик (оптической и электронной микроскопии, рентгеноструктурного и калориметрического анализа, механических испытаний на растяжение, измерения удельной электрической проводимости);

изложены идеи и доказательства, расширяющие ранее разработанные теоретические положения о механизмах структурно-фазовых превращений в условиях пластической деформации в дисперсионно-упрочняемых бронзах системы Cu-Cr-Zr, положенные в основу феноменологической модели;

раскрыты существенные проявления теории, описывающей растворение и выделение наночастиц вторых фаз в условиях больших пластических деформаций, при помощи полученных экспериментальных данных;

изучены причинно-следственные связи влияния исходного состояния и режимов интенсивной пластической деформации на процессы деформационно-индуцированного растворения частиц вторых фаз с острыми гранями и деформационно-стимулированного распада твёрдого раствора с выделением наночастиц вторых фаз размером порядка 10 нм.

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

определены пределы и перспективы практического использования теории фазовых превращений в условиях интенсивной пластической деформации в

зависимости от исходного структурного состояния и режимов деформационной обработки, обеспечивающие сочетание высоких характеристик электропроводности и механических свойств для изделий электротехнического назначения;

создана модель эффективного применения знаний с перспективой повышения комплекса функциональных свойств (электропроводность и механические характеристики) дисперсионно-упрочняемых сплавов системы Cu-Cr-Zr за счёт обеднения твёрдого раствора и образования нанодисперсных частиц в ходе немонотонных структурно-фазовых преобразований.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что: **экспериментальные** результаты получены на сертифицированном оборудовании центра коллективного пользования «Нанотех» (просвечивающем и сканирующем электронных микроскопах) и на уникальном научном оборудовании для интенсивных пластических деформаций в Институте физики перспективных материалов Уфимского университета науки и технологий, на оборудовании Института проблем сверхпластичности металлов РАН (установка дифференциальной сканирующей калориметрии), на оборудовании Института физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН (вихретоковый прибор для определения удельной электрической проводимости, рентгеновский дифрактометр);

теория (феноменологическая модель) построена на известных, проверяемых данных, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по деформационно-стимулированному образованию и распаду твёрдого раствора с образованием наночастиц в металлических материалах при больших деформациях под высоким давлением;

идея базируется на обобщении передового опыта, выполненного путём анализа публикаций о воздействии интенсивной пластической деформации на структурно-фазовые переходы и образование нанодисперсных частиц в сплавах на основе меди;

использовано сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике структурных изменений и фазовых превращений в условиях интенсивной пластической деформации в сплавах на основе меди;

установлено качественное совпадение и согласованность авторских результатов между собой и с результатами, представленными в научных работах

исследовательских групп в независимых рецензируемых источниках по тематике получения наноструктурных сплавов деформационными методами.

использованы современные экспериментальные методики сбора и статистические методики обработки информации с необходимым набором статистики о микроструктуре и физико-механических свойствах.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии соискателя на всех этапах работы над диссертацией, непосредственном участии соискателя в получении исходных данных и научных экспериментах, личном участии соискателя в апробации результатов исследования, обработке и интерпретации экспериментальных данных, выполненных лично автором, участии в формулировании положений, подготовке основных публикаций по выполненной работе, участии в научных конференциях.

В ходе защиты диссертации критические замечания высказаны не были, заданы вопросы уточняющего и конкретизирующего характера. Соискатель Аксенов Д.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 25.11.2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Аксенову Денису Алексеевичу учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы за – решение научной задачи установления закономерностей изменения структурно-фазовых превращений и формирования повышенного комплекса физико-механических свойств сплава Cu-0,6Cr-0,1Zr при наноструктурировании с помощью метода кручения под высоким давлением.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

25 ноября 2025 года



Валиев Руслан Зуфарович

Бобрук Елена Владимировна