

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 05.09.2024 г. № 04

О присуждении Худододовой Ганджине Дастамбуевне, гражданину Таджикистана, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Механические свойства и коррозионная стойкость биорастворимых наноструктурных магниевых сплавов системы Mg-Zn-Ca» по научной специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы принята к защите 18.04.2024 г., протокол № 3 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 **Худододова Ганджина Дастамбуевна**, 23 июня 1992 года рождения, в 2014 году окончила «Таджикский технический университет им. Академика М.С. Осими» по специальности 47.02.01 – Технология полиграфического производства с присвоением квалификации специалист. В 2019 году окончила аспирантуру ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» по направлению подготовки 28.06.01 – «Нанотехнологии и наноматериалы» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь». Диплом об окончании аспирантуры выдан 27 ноября 2019 года Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет».

Соискатель работает в должности младшего научного сотрудника научно-исследовательского института физики перспективных материалов ФГБОУ ВО «Уфимского университета науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в научно-исследовательском институте физики перспективных материалов ФГБОУ ВО «Уфимского университета науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Исламгалиев Ринат Кадыханович, профессор кафедры «Материаловедения и физики металлов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

**Мерсон Дмитрий Львович**, доктор физико-математических наук (01.04.07 – Физика конденсированного состояния), профессор, директор Научно-исследовательского института прогрессивных технологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тольяттинский государственный университет»;

**Мартыненко Наталья Сергеевна**, кандидат технических наук (2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов), старший научный сотрудник лаборатории металловедения цветных и легких металлов федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова» Российской академии наук.

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет МИСИС», г. Москва, в своем **положительном отзыве** подписанном Никулиным Сергеем Анатольевичем д.т.н., профессор, заведующим кафедрой металловедения и физики прочности НИТУ МИСИС, указала, что «в целом, по научному уровню полученных результатов, содержанию и оформлению представленная работа Худододовой Г.Д. соответствует критериям п.п. 9-14 «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842 (в редакции Постановления Правительства РФ от 25.01.2024 г. №62), а ее автор – Худододова Ганджина

Дастамбуевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы».

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе 3 статьи опубликовано в рецензируемых журналах из списка ВАК РФ, 3 работы в журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science, 2 статьи и 2 тезиса в журналах, входящих в базу РИНЦ. Общий объем – 64 п.л., личный вклад соискателя – 36. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. **Наиболее значимые работы:** 1. Khudododova G.D., Kulyasova O.B., Nafikov R.K., Islamgaliev R.K. The structure and mechanical properties of biomedical magnesium alloy Mg-1%Zn-0.2%Ca. *Frontier Materials & Technologies*. 2 (2022) 105-112. Представлены результаты исследований структуры и механических свойств магниевого сплава Mg-1%Zn-0.2%Ca, подвергнутого комбинации методов интенсивной пластической деформации, а именно РКУП и ИПДК. 2. Худододова Г.Д., Кулясова О.Б. Исламгалиев Р.К. Прочностные и коррозионные свойства УМЗ сплава Mg-Zn-Ca. *Наноиндустрия*. 15, 7-8 (2022) 426-433. Представлены результаты исследований влияния ультрамелкозернистой структуры на прочностные и коррозионные свойства магниевого сплава Mg-1%Zn-0,2%. Методами рентгеноструктурного анализа определены кристаллографические плоскости наиболее подверженные коррозионному воздействию 3. Kulyasova O.B., Khudododova G.D., Dyakonov G.S., Zheng Y., Valiev R.Z. Effect of microstructure refinement on the corrosion behavior of the bioresorbable Mg1Zn-0.2Ca and Mg-1Ca alloys. *Materials*. 15 (2022) 6749. Представлено всестороннее исследование влияния обработки кручением под высоким давлением на коррозионные свойства для двух биорезорбируемых магниевых сплавов – Mg-1Ca и Mg-1Zn-0.2Ca.

На диссертацию и автореферат поступили 9 отзывов, все из них положительные: 1. **Коновалов С.В.**, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»; 2. **Иванов С.Л.**, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II; 3. **Клевцов Г.В.**, ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»; 4. **Вологжанина С.А.**, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II; 5. **Шаркеев Ю.П.**, **Астафурова Е.Г.**, ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения РАН; 6. **Волков А.Ю.**, ФГБУН Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН; 7. **Дюрягин В.С.**, ООО "НС

Технология"; 8. **Комиссаров А.А.**, Университет науки и технологий МИСИС; 9. **Бодякова А.И., Беляков А.Н.** ФГАОУ ВО НИУ «БелГУ».

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

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработаны** режимы равноканального углового прессования, ведущие к формированию ультрамелкозернистого состояния в магниевом сплаве системы Mg-Zn-Ca, обеспечивающие получение целостных объемных заготовок, которые характеризуются средним размером зерна 2 мкм, нанодисперсными частицами размером 20 нм и наличием нанодвойников шириной менее 400 нм; **предложен** подход к управлению коррозионными свойствами ультрамелкозернистых магниевых сплавов системы Mg-Ca и Mg-Zn-Ca путем формирования нанодисперсных частиц анодного или катодного типа, образующих гальваническую пару с матрицей сплава; **доказана** перспективность применения магниевое сплава Mg-1Zn-0,2Ca после предложенной соискателем РКУП обработки в качестве конструкционного материала при изготовлении биорастворимых имплантатов для челюстно-лицевой хирургии и травматологии.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: доказано**, что наличие нанодисперсных частиц размером 20 нм в структуре магниевое сплава Mg-Zn-Ca ведет к повышению прочностных свойств с сохранением коррозионной стойкости; **применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс существующих методов исследования структуры и свойств объемных наноструктурных материалов на основе растровой и просвечивающей электронной микроскопии, механических испытаний на растяжение, усталостных испытаний, а также экспериментальных методик оценки коррозионных свойств; **изложены доказательства**, что формирование УМЗ структур, содержащих нанодисперсные частицы размером менее 20 нм, и нанодвойников шириной менее 400 нм обеспечивает предел прочности более 280 МПа и скорость коррозии 0,65 мм/год в магниевом сплаве Mg-1%Zn-0,2%Ca, что открывает возможность изготовления биорастворимых медицинских имплантатов для челюстно-лицевой хирургии и травматологии; **раскрыто**, что определяющим фактором в управлении коррозионными свойствами УМЗ магниевых сплавов

системы Mg-Ca и Mg-Zn-Ca является формирование нанодисперсных частиц анодного или катодного типов в теле зерен; **изучены** причинно-следственные связи изменения коррозионных свойств сплавов ультрамелкозернистом состоянии: Mg-Ca, имеющего нанодисперсные частицы анодного типа, Mg-Zn, не имеющего вторых частиц, и Mg-Zn-Ca, имеющего нанодисперсные частицы катодного типа.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработаны и внедрены:** технологические рекомендации в ООО «НС Технология» (г. Челябинск, производитель медицинских материалов и имплантатов) в отношении комбинированного режима получения наноструктурных магниевых сплавов для медицинских применений, технологический процесс изготовления магниевых имплантатов для применения в челюстно-лицевой хирургии в ООО «Наномет» (г. Уфа, производитель медицинских материалов и имплантатов), результаты диссертации в учебный процесс при чтении лекций для бакалавров и магистров, обучающихся по направлению подготовки «Наноинженерия» в Уфимском университете науки и технологий; **определены** перспективы практического использования магниевого сплава Mg-1Zn-0,2Ca после предложенной соискателем РКУП обработки для производства биоразстворимых имплантатов для челюстно-лицевой хирургии и травматологии; **создана** система практических рекомендаций для прогнозирования коррозионной стойкости наноструктурных магниевых сплавов системы Mg-Zn-Ca, основанная на электрохимических свойствах и распределении нанодисперсных частиц вторых фаз; **представлены** предложения по дальнейшему совершенствованию магниевых сплавов для медицинских применений.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:** для экспериментальных работ по получению УМЗ структур в исследуемых сплавах использовались уникальные научные установки ИПДК и РКУП, результаты исследования структуры и свойств наноматериалов получены на сертифицированном оборудовании ЦКП «Нанотех» Уфимского университета науки и технологий; **идеи базируются** на имеющихся публикациях о влиянии структурно-фазового состояния на прочность и коррозионную стойкость крупнозернистых и ультрамелкозернистых металлов и сплавов; **использовано** сравнение авторских данных и результатов, полученных ранее по тематике биоразстворимых магниевых сплавов; **установлена** согласованность полученных

результатов между собой, а также с результатами других научных групп, опубликованных в литературе по теме диссертационной работы; **использованы** современные методики исследований, статистики и обработки полученных результатов, выборочные совокупности с обоснованием выбора объектов и методов исследования.

Полученные результаты изложены в 10 опубликованных работах, в том числе 3 изданиях, входящих в перечень ВАК, в 3 журналах, входящих в базы данных WoS и Scopus, 2 статьи и 2 тезиса – в базе РИНЦ.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в проведении экспериментальных исследований биорастворимых магниевых сплавов системы Mg-Ca, Mg-Zn и Mg-Zn-Ca в различных структурно-фазовых состояниях, обработке и анализе полученных результатов, обсуждении и интерпретации экспериментальных данных, формулировании положений, выносимых на защиту, участии в подготовке и написании основных публикаций по выполненной работе. Все экспериментальные и теоретические результаты, представленные в диссертации, получены при активном участии соискателя.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие **критические замечания**: **1.** Микротвердость ИПДК и РКУП образцов сплава Mg-1Zn-0,2Ca составили примерно 100 МПа и 70 МПа, соответственно, т.е. отличаются в примерно в 1,5 раза. Тогда как средний размер зерен составил примерно 90 нм и 2 мкм, соответственно, т.е. отличается более чем в 20 раз. Чем вы можете объяснить нарушение корреляции между средним размером зерна и твердостью материала. **2.** На стр. 64 сказано, что для сплава Mg-1Zn-0,2Ca в работе впервые достигнуты столь высокие механические характеристики (РКУП 8 проходов), однако в работе *Effect of deformation processing of the dilute Mg-1Zn-0.2Ca alloy on the mechanical properties and corrosion rate in a simulated body fluid / D.L.L. Merson, A.I.I. Brilevsky, P.N.N. Myagkikh, M.V. V. Markushev, A. Vinogradov // Letters on Materials. – 2020. – Т. 10. – № 2. – С. 217-222. DOI: 10.22226/2410-3535-2020-2-217-222* для аналогичного сплава намного раньше были получены аналогичные результаты после простой экструзии. **3.** При объяснении результатов коррозионных испытаний используется понятие электродные потенциалы различных частиц, но нигде в диссертации не приводятся количественные характеристики электродных потенциалов этих частиц и не приводится информация о том, как они определяются. **4.** В работе не затронут вопрос влияния текстуры на механическое поведение исследуемых сплавов. Данный вопрос очень

важен для предсказания поведения магниевых сплавов в процессе обработки и при последующей эксплуатации. Особенно актуальным данный вопрос представляется для сплавов, обработанных методом РКУП, так как в данном случае неблагоприятная текстура может приводить к ухудшению прочностных характеристик, а также анизотропии свойств. Неоднородность механических свойств может быть причиной преждевременного выхода изделия из строя. 4. В работе не обсуждается возможность получения ультрамелькозернистого состояния в объёмных образцах магниевых сплавов со средним размером элементов структуры менее 1 мкм. Это очень серьёзная задача, она требует решения.

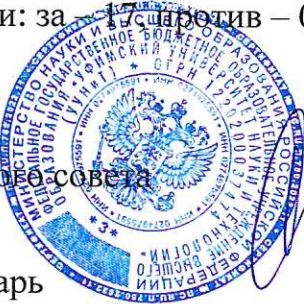
Соискатель Худододова Г.Д. согласилась с замечаниями на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию: в ИПДК обработках увеличение микротвердости объясняется формированием нанозерен и нанодисперсных частиц. В РКУП образцах увеличение микротвердости может быть вызвано формированием УМЗ структуры, присутствием нанодисперсных частиц и двойниковых границ. Как известно двойниковые границы способны накапливать большое количество дислокаций, что способствует дополнительному упрочнению материала; В указанной работе действительно были достигнуты аналогичные значения прочности в сплаве Mg-1Zn-0,2Ca, подвергнутом экструзии при температуре 350°C с обжатием в 5 раз. Авторы этой статьи объясняли такое повышение прочности формированием сильной призматической текстуры, при среднем размере зерна более 30-45 мкм. Наличие сильной текстуры после экструзии предполагает сильное различие структуры в продольном и поперечном сечении образцов и соответствующее различие в механических свойствах. Тогда как в РКУП образцах наблюдалась достаточно однородная структура, которой соответствует более однородные механические свойства; Информация об электродных потенциалах частиц магниевых сплавов приведена в презентации, и взята из работ известных зарубежных работ: A.D. Sudholz, N.T. Kirkland, R.G. Buhheit, N. Birbilis. *Electrochemical and solid state letters*, 14, 2 (2011) 5-7; Есть только единичные публикации о влиянии текстуры на механические свойства магниевых сплавов системы Mg-Zn-Ca, например, в одной из статей отмечается, что после прокатки при температуре 350°C с обжатием на 80% различие в прочности для продольного и поперечного сечения составило 13%; получение объёмных образцов магниевых сплавов со средним размером элементов структуры менее 1 мкм является серьёзной технологической задачей. Ее решение видится на пути двух подходов: введения в состав сплава новых

легирующих элементов, например, марганца, и оптимизации режимов деформационно-термической обработки, например, путем дополнительного использования экструзии перед равноканально-угловым прессованием.

На заседании 05.09.2024 г. диссертационный совет принял решение - за новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработку материала для медицинских биоградируемых имплантов, имеющие существенное значение для развития страны присудить Худододовой Ганджине Дастамбуевне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель  
диссертационного совета



Валиев Руслан Зуфарович

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Бобрук Елена Владимировна

5 сентября 2024 года