



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Уфимский университет
науки и технологий»

Д.Ф. М.Н., доцент

И.Ф. Шарафуллин

« 09 » 12 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Уфимский университет науки и технологий»

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук «Механические свойства, электропроводность и термостойкость наноструктурированных сплавов системы Al-Fe для использования в электротехнике» выполнена на кафедре материаловедения и физики металлов института технологий и материалов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В период подготовки диссертации соискатель Жукова Ольга Олеговна являлась аспирантом очной формы обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов». В настоящее время работает инженером-исследователем в научно-исследовательской лаборатории «Металлы и сплавы при экстремальных воздействиях» ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий».

В 2018 г. окончила с отличием ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов с присвоением квалификации бакалавр.

В 2020 г. окончила с отличием ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов с присвоением квалификации магистр.

В 2024 г. окончила аспирантуру по очной форме обучения ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» по направлению подготовки 22.06.01 Технологии материалов с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы выдана в 2024 г. ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – Мурашкин Максим Юрьевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Металлы и сплавы при экстремальных воздействиях» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа Жуковой О.О. «Механические свойства, электропроводность и термостойкость наноструктурированных сплавов системы Al-Fe для использования в электротехнике» является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей п.9 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 16.10.2024).

В работе исследованы изменения микроструктурных параметров, уровня механических свойств, термостойкости и электропроводности в сплавах системы Al-Fe, полученных различными методами литья, в том числе литьем в электромагнитный кристаллизатор (ЭМК), подвергнутых деформационной обработке, включающей интенсивную пластическую деформацию (ИПД). Впервые показано, что сочетание передового метода литья в ЭМК с двухэтапной

деформационной обработкой позволяет получить наноструктурированные сплавы, превосходящие по уровню свойств аналоги, производимые с использованием традиционных технологий, способные заместить весь спектр используемых в электротехнике алюминиевых сплавов, в том числе и наиболее прочные проводниковые сплавы системы Al-Mg-Si.

Все основные результаты, выносимые на защиту, получены соискателем лично, либо при его непосредственном участии:

1. Установлено, что при использовании традиционных методов литья в кокиль и литья, совмещенного с прокаткой, в сплавах Al-Fe образуются преимущественно интерметаллидные частицы стабильной фазы Al_6Fe . При непрерывном литье в ЭМК в сплавах впервые установлено образование частиц метастабильной фазы Al_2Fe , имеющие близкие к нанометрическому диапазону размеры (90 ± 20 нм), входящей в состав эвтектики (Al)+ Al_2Fe .

2. Установлено, что ИПД, реализуемая методами РКУП или непрерывного РКУП-К при комнатной температуре позволяет сформировать в сплавах Al-0,5Fe, Al-0,5Fe-0,3Cu, Al-1,7Fe и Al-2,5Fe, полученных литьем в ЭМК, наноструктурированные состояния, характеризующиеся ультрамелким размером зерна алюминиевой матрицы и частицами фазы Al_2Fe нанометрических размеров (70 ± 10 нм).

3. Установлено, что наноструктурирование сплавов Al-0,5Fe, Al-0,5Fe-0,3Cu и Al-1,7Fe, полученных двухэтапной обработкой, включающей РКУП или РКУП-К с последующей ХП или ХВ – позволяет повысить предел прочности от 239 до 310 МПа, сохраняя высокую электропроводность от 51,3 до 58,5% IACS соответственно, а также термостойкость эквивалентную длительной эксплуатации в течение теоретически неограниченного времени при температуре 150 °С. Показано, что вклад наноразмерных частиц (70 ± 10 нм) фазы Al_2Fe в упрочнение сплавов Al-0,5Fe, Al-0,5Fe-0,3Cu и Al-1,7Fe является определяющим, составляя 25, 27 и 35 % соответственно.

4. Экспериментально установлено рациональное содержание железа (от 1,0 до 2,2 вес.%) в сплавах системы Al-Fe с наноразмерными частицами (70 ± 10 нм) фазы Al_2Fe , полученных методом литья в ЭМК и режимы их деформационной обработки, обеспечивающие сочетание «прочность-электропроводность» на уровне высокопрочных проводниковых сплавов Al-Mg-Si при термостойкости, аналогичной проводникам, выполненным из сплавов систем Al-Zr и Al-PЗМ.

В основных работах, приведенных в автореферате, соискателем лично получены следующие результаты:

В работах [1, 9–11] – изучена возможность улучшения свойств Al-Fe сплавов с содержанием железа от 1,7 до 3,4 вес. %, полученных методом литья в кокиль, за счет формирования в них ультрамелкозернистой структуры, используя деформационную обработку методом равноканального углового прессования (РКУП).

В работах [2, 13] – исследована микроструктура, физико-механические свойства и термическая стабильность свойств токопроводящих элементов в виде проволок из сплавов Al-0,5Fe и Al-1,7Fe (вес. %), полученных методом непрерывного литья в ЭМК и последующей деформацией методом холодного волочения.

В работах [3, 15, 19] – изучено влияние РКУП по схеме Конформ и последующего холодного волочения на формирование наноструктурированных состояний и физико-механические свойства сплава Al-0,5Fe-0,3Cu (вес. %), полученного методом непрерывного литья в ЭМК.

В работах [4, 14, 16] – изучено влияние малых добавок меди (до 0,3 вес. %) на формирование наноструктурного состояния, фазовый состав и физико-механические свойства сплавов системы Al-Fe с содержанием железа 0,5 и 1,7 вес. %, полученных методом непрерывного литья в ЭМК.

В работах [5, 12] – изучены особенности наноструктурированных состояний, механические свойства и электропроводность, а также установлен уровень термостойкости сплавов Al-0,5Fe и Al-2,5Fe (вес. %), полученных методом непрерывного литья в ЭМК и подвергнутых двухэтапной обработке:

РКУП по схеме Конформ и холодной прокатке, а также проведен анализ вкладов микроструктурных параметров в прочность и электропроводность сплавов системы Al-Fe.

В работе [6] – исследованы закономерности изменения наноструктурных состояний и физико-механических свойств, а также определен уровень термостойкости заготовок сплава Al-1,7Fe (вес. %), полученных разными методами литья после двухэтапной обработки, включающей РКУП по схеме Конформ и холодную прокатку, осуществлен анализ вкладов параметров микроструктуры в прочность и электропроводность сплавов Al-Fe.

В работах [7, 17] – рассмотрено влияние легирования 0,3 вес. % Cu на микроструктуру и свойства сплава Al-0,5Fe вес. %, полученного методом непрерывного литья в ЭМК и подвергнутого двухэтапной деформационной обработке РКУП и последующей холодной прокатке.

В работе [8] – предложен способ получения проводника из сплава Al-Fe, с содержанием железа от 1,0 до 2,2 вес. %, включающий метод непрерывного литья в ЭМК и деформационную обработку - холодную деформацию литой заготовки.

В работе [18] – исследована возможность улучшения физико-механических свойств сплавов Al-Fe (с содержанием железа 0,5 и 1,7 вес. %), полученных методом литья в ЭМК, с последующей двухэтапной обработкой, включающая РКУП по схеме Конформ и холодное волочение.

Опубликованные работы полностью отражают основное содержание диссертационной работы. Автор принимал непосредственное личное участие в обсуждении и постановке задач, обзоре известных литературных данных, получении и анализе основных результатов диссертационной работы. Статьи опубликованы совместно с научным руководителем и другими соавторами научного коллектива.

Степень достоверности и обоснованности результатов диссертационной работы обеспечивается использованием независимых, взаимодополняющих современных методов исследования, применяемых в современном материаловедении, и большим объемом экспериментальных данных, использованием уникальных установок для осуществления ИПД и

промышленного оборудования, а также непротиворечивостью диссертационного исследования с исследованиями других авторов и апробацией основных результатов работы через публикации в отечественных научных ВАК-изданиях, а также международных площадках Web of Science и Scopus, представление результатов научных исследований на всероссийских и международных конференциях и симпозиумах.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

1. Установлено, что в сплавах системы Al-Fe с содержанием железа от 0,5 до 2,5 вес.%, полученных непрерывным литьем в ЭМК, формируется микроструктура, образованная алюминиевой матрицей и эвтектикой (Al)+Al₂Fe, отличающаяся тем, что в состав эвтектики входят наноразмерные частицы (90±20 нм) метастабильной фазы Al₂Fe.

2. Установлено, что дополнение метода непрерывного литья в ЭМК двухэтапной ДО, включающей ИПД методами РКУП или РКУП-К и ХП или ХВ, обеспечивает формирование в сплавах Al-0,5Fe, Al-0,5Fe-0,3Cu, Al-1,7Fe и Al-2,5Fe, наноструктурированных состояний, характеризующихся УМЗ структурой алюминиевой матрицы, отличающейся тем, что размер наночастиц фазы Al₂Fe уменьшается до 70±10 нм, что позволяет достичь наиболее благоприятного сочетания «прочность-термостойкость» по сравнению со сплавами, полученными традиционными методами литья.

3. Установлено, что малая добавка меди (0,3 вес.%) в сплаве Al-0,5Fe, полученном литьем в ЭМК и подвергнутом двухэтапной ДО, позволяет сформировать в нем наноструктурированное состояние, обеспечивающее существенное увеличение прочности, отличающиеся тем, что предел прочности увеличивается в 1,5 раза по сравнению с наноструктурированным сплавом без меди, достигая 309 МПа.

4. Установлено, что метод непрерывного литья в ЭМК с последующей двухэтапной ДО для сплавов Al-Fe с содержанием железа 1,0-2,2 вес.% позволяет получить высокопрочные термостойкие электропроводные материалы, отличающиеся тем, что предел прочности таких материалов достигает до 310 МПа, электропроводность – до 58,5% IACS и термостойкость

(температура длительной эксплуатации) до 150 °С, что позволяет их использовать в качестве проводниковых материалов в электротехнике.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в следующем:

Теоретическая значимость работы заключается в том, что определен тип и обоснованы количественные характеристики наноразмерных элементов микроструктуры, наличие и содержание которых в сплавах системы Al-Fe обеспечивает достижение заданного уровня физико-механических свойств и их термической стабильности для применения в электротехнике.

1. Предложен метод литья и двухэтапной ДО сплавов системы Al-Fe, позволяющий получить в них наноструктурированные состояния, обеспечивающие заданное сочетание прочности в диапазоне от 239 до 310 МПа, электропроводности от 51,3 до 58,5% IACS и термостойкости (температура длительной эксплуатации до 150 °С), который может быть использован при выполнении опытно-технологических работ при производстве электропроводников.

2. Определено рациональное содержание железа (1,0-2,2 вес.%) в сплавах системы Al-Fe, полученных методом непрерывного литья в ЭМК, режимы их ДО, обеспечивающий комплекс прочности, электропроводности и термостойкости, позволяющий рассматривать их в качестве альтернативы используемым традиционным сплавам системы Al-Zr, Al-PЗМ и Al-Mg-Si.

3. Предложен способ получения проводника из сплава системы Al-Fe, включающий непрерывное литье в ЭМК и ДО – холодную деформацию литой заготовки, обеспечивающий получение пластин или проволоки электротехнического назначения из сплава Al-1,7Fe вес.%. Получен патент РФ №2815427.

Результаты диссертационной работы были использованы в производственных условиях компании ООО «Научно-производственный центр магнитной гидродинамики», что подтверждено актом использования результатов от 21.11.2024 г, г. Красноярск).

Ценность научной работы заключается в том, что в результате выполненных исследований:

В результате выполненных в работе исследований показано, что литье в ЭМК в сочетании с последующей интенсивной пластической деформацией (ИПД), реализуемой методами равноканального углового прессования (РКУП или РКУП-К) наряду с формированием ультрамелкозернистой структуры приводит к измельчению интерметаллидных частиц алюминида железа до нанометрических размеров. Сочетание передового метода литья в ЭМК с двухэтапной обработкой, включающую РКУП и холодную деформацию, позволяет получить наноструктурированные сплавы системы Al-Fe, превосходящие по уровню свойств аналоги, производимые с использованием традиционных технологий, и способные заместить в электротехнике наиболее высокопрочные проводниковые сплавы системы Al-Mg-Si, а также термостойкие сплавы систем Al-Zr и Al-PЗМ.

Обоснование выбранной специальности и отрасли науки диссертации

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы, при этом работа соответствует следующим пунктам паспорта специальности:

п.п. 1.1. «Технологические и экспериментальные исследования процессов получения наноматериалов и их обработки, в том числе посредством формирования наноструктур на подложках, объёмного модифицирования расплавов, пластической деформации, консолидации нанопорошков, модифицирования поверхности материалов, облучения ускоренными частицами, термической и термомеханической обработки; разработка технологий и оборудования»;

п.п. 1.2. «Исследование влияния параметров элементов структуры на свойства наноматериалов»;

п.п. 1.5. «Исследование взаимосвязи химического и фазового составов, структурного состояния с физическими, механическими, химическими, технологическими, эксплуатационными и другими свойствами наноматериалов».

Отрасль науки – технические науки, поскольку приведенные результаты исследований представляют собой научно-прикладные сведения о влиянии наноразмерных частиц вторых фаз сплавов системы Al-Fe, полученных литьем в ЭМК и подвергнутых деформационной обработке, включающей ИПД методом РКУП на его механические свойства, электропроводность и термическую стабильность свойств.

Полнота изложения материалов диссертации

По теме диссертации опубликовано 19 научных работ, из них 3 работы в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК РФ, 4 работы входят в международные базы цитирования Web of Science и/или Scopus, 11 публикаций в сборниках трудов конференций и 1 патент РФ. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором, достаточная.

Общий объем публикаций – 4,4 п.л., авторский вклад – 1,2 п.л.

Научные публикации в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ и международные реферативные базы данных и систем цитирования Web of Science, Scopus:

1. Байкеева О.О. Влияние содержания железа на прочность и электропроводность сплавов системы Al-Fe, подвергнутых ИПД / О.О. Байкеева, А.Е. Медведев, Е.Б. Медведев, М.Ю. Мурашкин // Вестник УГАТУ. — 2021. Т. 25 — № 2 (92). — С. 3-9. (K2).

2. Medvedev A.E. On the effect of ECAP and subsequent cold rolling on the microstructure and properties of electromagnetically cast Al-Fe alloys / A.E. Medvedev, O.O. Zhukova, V.U. Kazykhanov, A.F. Shaykhulova, N.A. Enikeev, V.N. Timofeev, M.Yu. Murashkin // International Journal of Lightweight Materials and Manufacture. — 2022. — V. 5. — № 4. — P. 484-495. <https://doi.org/10.1016/j.ijlmm.2022.06.001>. (Scopus Q1= K1).

3. Медведев А.Е. Механические свойства, электропроводность и термостабильность проволоки из сплавов системы Al-Fe, полученных литьем в электромагнитный кристаллизатор / А.Е. Медведев, О.О. Жукова, Д.Д. Федотова, М.Ю. Мурашкин // *Frontier Materials & Technologies*. — 2022. — № 3-1. — С. 96-105. DOI: 10.18323/2782-4039-2022-3-1-96-105. (K2, 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы).

4. Medvedev A.E Unique properties of the Al-0.5Fe-0.3Cu alloy, obtained by casting into an electromagnetic crystallizer, after equal-channel angular pressing and cold drawing / A.E. Medvedev, O.O. Zhukova, V.U. Kazykhanov, A.F. Shaikhulova, M.M. Motkov, V.N. Timofeev, N.A. Enikeev, M.Yu. Murashkin // *Materials Physics and Mechanics*. — 2024. — V. 52. — № (3). — P. 58-72. (Scopus, Q4 = K2).

5. Medvedev A.E. The influence of Cu additions on the microstructure and properties of Al-Fe system alloys produced by casting into electromagnetic crystallizer / A.E. Medvedev, O.O. Zhukova, A.F. Shaikhulova, M.Yu. Murashkin // *Frontier Materials & Technologies*. — 2024. — № 2. — P. 77-85. DOI: 10.18323/2782-4039-2024-2-68-7. (K2, 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы).

6. Medvedev A.E. Influence of Cu Alloying on the Microstructure and Properties of the Al-Fe Alloy, Produced by Electromagnetic Casting and Subjected to Equal-Channel Angular Pressing / A.E. Medvedev, O.O. Zhukova, V.U. Kazykhanov, A.F. Shaikhulova, M.M. Motkov, V.N. Timofeev, N.A. Enikeev, M.Yu. Murashkin // *Physics of Metals and Metallography*. — 2024. — P. 1-9. (BAK, Scopus, Q3 = K1).

7. Medvedev A.E. The Effect of Casting Technique and Severe Straining on the Microstructure, Electrical Conductivity, Mechanical Properties and Thermal Stability of the Al-1.7 wt.% Fe Alloy / A.E. Medvedev, O.O. Zhukova, N.A. Enikeev, V.U. Kazykhanov, V.N. Timofeev, M.Yu. Murashkin // *Materials*. — 2023. — V. 16. — № 8. — P. 3067. <https://doi.org/10.3390/ma16083067>. (Web of Science, Q1 = K1).

Патент:

8. Патент РФ № 2815427, МПК B22D 21/04, C22F 1/04, H01B 1/02. Способ получения проводника из сплава системы Al-Fe / М.Ю. Мурашкин, А.Е. Медведев, О.О. Жукова, И.В. Смирнов. Опубл. 14.03.2024.

Публикации в сборниках трудов конференций:

9. Байкеева О.О. Влияние содержания железа на свойства сплавов системы Al-Fe обработанных методом РКУП / О.О. Байкеева, А.Е. Медведев, Е.Б. Медведев, М.Ю. Мурашкин // Сборник трудов конференции V Международная научно-техническая конференция «Мавлютовские чтения». Т.6. — Уфа: УГАТУ, 2021. — С. 11-17.

10. Байкеева О.О. Влияние содержания железа на свойства сплавов Al-Fe, обработанных методом РКУП / О.О. Байкеева, А.Е. Медведев, Е.Б. Медведев // Актуальные проблемы недропользования: Тезисы докладов XIX Всероссийской конференции-конкурса студентов и аспирантов. Том 5. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2021. – С. 108-111. (Тезисы)

11. Medvedev A.E. Influence of iron content on properties of Al-Fe system alloys after ECAP / A.E. Medvedev, O.O. Baykeeva, E.V. Medvedev, M.Yu. Murashkin // AIP Conference Proceedings – AIP Publishing, 2021. – V. 2402. – №. 1. <https://doi.org/10.1063/5.0071714>.

12. Жукова О.О. Влияние деформационно-термической обработки, включающей ИПД на микроструктуру и физико-механические свойства сплавов Al-Fe, полученных литьем в электромагнитный кристаллизатор / О.О. Жукова, А.Е. Медведев, В.У. Казыханов, А.В. Лелеко, М.Ю. Мурашкин // Сборник тезисов Девятая Международная конференция «Кристаллофизика и деформационное поведение перспективных материалов». – Москва: НИТУ «МИСиС», 2021. – С. 70. (Тезисы)

13. Медведев А.Е. Влияние деформации и отжига на фазовый состав сплавов системы Al-Fe, полученных методом литья в электромагнитный кристаллизатор / А.Е. Медведев, О.О. Жукова, А.Ф. Шайхулова, В.Н. Тимофеев, Н.А. Еникеев, М.Ю. Мурашкин // Материалы всероссийской научной конференции с международным участием «IV Байкальский Материаловедческий Форум». – Улан-Удэ, оз. Байкал: изд. Бурятского научного центра СО РАН, 2022 г. – С. 538-539. (Тезисы)

14. Медведев А.Е. Влияние Si на микроструктуру и свойства сплавов системы Al-Fe, полученных методом литья в электромагнитный кристаллизатор /

А.Е. Медведев, О.О. Жукова, А.Ф. Шайхулова, М.Ю. Мурашкин // Физическое материаловедение: Сборник материалов XI Международной школы «Физическое материаловедение». – Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2023. – С. 143-144. *(Тезисы)*

15. Медведев А.Е. Уникальные свойства сплава Al-0.5Fe-0.3Cu, полученного литьем в электромагнитный кристаллизатор с последующим равноканальным угловым прессованием и холодным волочением / А.Е. Медведев, О.О. Жукова, А.Ф. Шайхулова, М.Ю. Мурашкин // Кайбышевские чтения: Сборник материалов Третьей Международной школы-конференции молодых ученых. – Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2023. – С. 80. *(Тезисы)*

16. Medvedev A.E. Effect of Small Copper Additions to the Al-Fe Wires, Produced by Electromagnetic Casting / A.E. Medvedev, O.O. Zhukova, A.F. Shaikhulova, V. N. Timofeev, M.Yu. Murashkin // AIP Conference Proceedings – AIP Publishing, 2024. – P. 3102. – №. 1. <https://doi.org/10.1063/5.0199982>.

17. Медведев А.Е. Влияние деформационной обработки на микроструктуру и свойства сплава Al-0.5Fe-0.3Cu, полученного литьем в электромагнитный кристаллизатор / А.Е. Медведев, О.О. Жукова, М.Ю. Мурашкин // Актуальные вопросы прочности: Сборник тезисов LXVII Международной конференции. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2024. – С. 56-57. *(Тезисы)*

18. Жукова О.О. Микроструктура и свойства сплавов Al-Fe, полученных литьем в электромагнитный кристаллизатор, после деформационной обработки / О.О. Жукова, А.Е. Медведев, М.Ю. Мурашкин // Электронные, спиновые и квантовые процессы в молекулярных и кристаллических системах: сборник тезисов докладов и сообщений на Всероссийской конференции с международным участием. – Уфа: Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, 2024. – С. 77. *(Тезисы)*

19. Медведев А.Е. Получение термостойкой проволоки из сплавов системы Al-Fe с использованием двухэтапной деформационной обработки / А.Е. Медведев, О.О. Жукова, М.Ю. Мурашкин // Сборник материалов Международной

конференции «UUST Nanomaterials Days». – Уфа: РИЦ Уфимский университет науки и технологий, 2024. – С. 40-41. (Тезисы)

Диссертация «Механические свойства, электропроводность и термостойкость наноструктурированных сплавов системы Al-Fe для использования в электротехнике» соответствует п. 14 Положения о присуждении ученых степеней:

- отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации;

- соискатель ссылается на авторов и источники заимствования.

Диссертация «Механические свойства, электропроводность и термостойкость наноструктурированных сплавов системы Al-Fe для использования в электротехнике» Жуковой Ольги Олеговны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы (отрасль науки – технические).

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Материаловедения и физики металлов» ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Присутствовало на заседании 42 человека, в том числе 10 докторов наук.

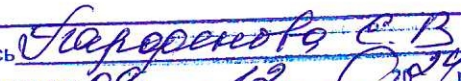
Результаты голосования: «за» – 42 человека, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Протокол № 3 от «09» октября 2024 г.

Председатель заседания
д.т.н., профессор

 Е.В. Парфенов



Подпись  Е.В. Парфенов
достоверно «09» 12 2024 г.
начальник общего отдела УУНИТ
