

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.411.03 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 06.09.2024 г. № 13

О присуждении Гаврикову Ивану Сергеевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Формирование высококоэрцитивного состояния в постоянных магнитах Fe-Cr-Co, полученных методами селективного лазерного плавления и инъекционного формования» в виде рукописи по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений принята к защите 04.07.2024, протокол № 8, диссертационным советом 24.2.411.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный университет» Министерства науки и высшего образования РФ. Адрес: 170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33. Приказ № 423/нк от 12.08.2013 г.

Соискатель – Гавриков Иван Сергеевич, 11 июля 1995 года рождения, в 2019 году окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» с присвоением квалификации «Магистр». В 2023 году окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению 22.06.01 «Технологии материалов», получив квалификацию «Исследователь. Преподаватель-исследователь». Работает главным специалистом по механической обработке общества с ограниченной ответственностью «Русатом Металлургические Технологии», обособленное подразделение г. Владимир государственной корпорации по атомной энергии «Росатом».

Диссертация выполнена на кафедре Функциональных наносистем и высокотемпературных материалов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» Министерства науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Карпенков Дмитрий Юрьевич, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», доцент кафедры Функциональных наносистем и высокотемпературных материалов.

**Официальные оппоненты:** Таскаев Сергей Валерьевич, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет», ректор; Волегов Алексей Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», доцент кафедры магнетизма и магнитных наноматериалов, дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** - федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», г. Калининград, в своем положительном заключении, подписанном исполняющим обязанности ректора, кандидатом физико-математических наук Деминим Максимом Викторовичем и составленным руководителем образовательно-научного кластера «Институт высоких технологий», доктором физико-математических наук, профессором Юровым Артемом Валериановичем, указала, что по актуальности поставленных задач, научной новизне, объему, уровню опубликованных работ, практической значимости, достоверности полученных результатов и степени обоснованности выводов диссертация соответствует паспорту специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений по физико-математическим наукам по пунктам 1, 3, 4, 6 и отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 – Физика магнитных явлений.

**Соискатель имеет** 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них 4 статьи в журналах, индексируемых в международных базах данных, приравняемых к журналам перечня ВАК. Наиболее значимые результаты представлены в работах:

1. Zhukov, A.S. Multifractal analysis and magnetic properties of magnetically hard Fe–Cr–Co alloy produced by selective laser melting / A.S. Zhukov, A.V. Kamynin, I.S. Gavrikov, B.K. Barakhtin, P.A. Kuznetsov // Russian Engineering Research. – 2021. – V. 41. – №. 4. – P. 325-328.

2. Gavrikov, I.S. Fabrication of powders of alloy 25Kh15KA for synthesizing permanent magnets by selective laser melting / I.S. Gavrikov, B.D. Chernyshev, A.V. Kamynin, A.S. Zhukov, D.L. Chernyshev, P.A. Kuznetsov // Metal Science and Heat Treatment. – 2020. – V. 62. – №. 7. – P. 502-507.

3. Gavrikov, I.S. Fabrication of granulate from a Fe – Cr – Co alloy with reduced cobalt content for synthesizing permanent magnets by the MIM process / I.S. Gavrikov, B.D. Chernyshev, A.V. Kamynin, A.A. Everstov, B.Yu. Belonozhkin, V.S. Kraposhin // Metal Science and Heat Treatment. – 2020. – V. 62. – №. 7. – P. 513-517.

4. Chernyshov, B.D. A study of the microstructure and magnetic properties of Fe–Cr–Co alloys with reduced content of cobalt obtained by the MIM technology / B.D. Chernyshov, A.V. Kamynin, E.S. Khotulev, I.S. Gavrikov, A.A. Everstov, B.Yu.

Belonozhkin, S.Yu. Kondrat'ev // Metal Science and Heat Treatment. – 2020. – V. 61. – №. 11. – P. 704-708.

Результаты диссертационной работы полностью отражены в опубликованных статьях. Работы выполнены на высоком научном уровне, в диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов, все отзывы положительные:

1. Комогорцева С.В., д.ф.-м.н., доцента, заведующего лабораторией физики магнитных пленок и Исхакова Р.С., д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории физики магнитных пленок Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН. Замечаний не содержит.

2. Протасова А.В., к.ф.-м.н., с.н.с. лаборатории Перспективных магнитных материалов ФГБУН Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН. В отзыве содержатся рекомендации по дополнению работы результатами исследований постоянных магнитов сплава Fe-Cr-Co, синтезированных из двух видов порошков, полученных методами центробежного и газового распыления.

3. Кольчугиной Н.Б., д.т.н., заведующей лабораторией «Физикохимии тугоплавких и редких металлов и сплавов» и Прокофьева П.А., к.т.н., научного сотрудника лаборатории «Физикохимии тугоплавких и редких металлов и сплавов» ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН. Содержит замечание по отсутствию в автореферате исследований фазового состава и информации по соотношению фазовых составляющих в магнитах после термомагнитной обработки.

4. Лянге М.В., к.ф.-м.н., младшего научного сотрудника лаборатории «Катализа и переработки углеводородов», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС». Содержит замечание, связанное с отсутствием исследований распределения продуктов спинодального распада после термомагнитной обработки в образцах, полученных методом СЛП, а также задается вопрос о влиянии анизотропии формы зерен на распределение продуктов спинодального распада.

5. Четвертухина А.В., к.ф.-м.н., с.н.с. физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». Содержит замечания по оформлению автореферата, а также по отсутствию указания длины волны используемого в процессе СЛП лазера.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и работники ведущей организации являются известными специалистами по теме диссертации, в частности, по физике магнитных явлений и материалов и в области аддитивных технологий.

**Диссертационный совет отмечает**, что выполненные соискателем исследования вносят вклад в физику высококоэрцитивного состояния постоянных магнитов на основе сплавов системы Fe-Cr-Co, изготовленных методами инъекционного формования и селективного лазерного плавления.

Для исследованных методов с использованием расчетной модели и проведенных экспериментов, были выявлены закономерности влияния свойств прекурсоров и параметров синтеза на микроструктуру, анизотропию формы выделений сильномагнитных фаз в результате спинодального распада при термомагнитной обработке и магнитные характеристики готовых постоянных магнитов.

**Теоретическая значимость** исследований состоит в том, что: полученные магнитные характеристики созданных постоянных магнитов семейства Fe-Cr-Co обеспечиваются распределением и формой продуктов спинодального распада, создающего в объеме материала микроструктуру с доминированием упорядоченного периодического строения (информация о котором получена методом мультифрактальной параметризации изображений), что характерно для процесса направленной кристаллизации, сформировавшегося даже при непродолжительном воздействии лазерного луча; полученные магнитные характеристики и условия для формирования анизотропной и текстурированной микроструктуры предсказаны в результате моделирования процесса селективного лазерного плавления методом конечных элементов.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что проведенные исследования позволили определить условия формирования высококоэрцитивного состояния путем получения оптимальной микроструктуры в постоянных магнитах состава  $Fe_{59}Cr_{25}Co_{16}$ , изготовленных методами селективного лазерного плавления и инъекционного формования.

**Оценка достоверности** результатов исследования выявила: результаты получены на основе экспериментов, проведенных на современном научном оборудовании, с использованием статистических методов обработки экспериментальных данных. Достоверность обеспечивалась набором взаимодополняющих экспериментальных методик, воспроизводимостью получаемых результатов и их согласованием с имеющимися в литературе данными других научных групп. Также, полученные результаты исследований опубликованы в рецензируемых журналах и апробированы на тематических международных конференциях.

**Личный вклад соискателя** состоит в том, что все результаты теоретических и экспериментальных исследований, представленные в диссертационной работе, получены автором лично или при его непосредственном участии. Постановка целей и ключевых задач, выбор методик экспериментов, изготовление образцов, обработка данных, их интерпретация и формулировка выводов выполнялись автором совместно с научным руководителем. Подготовка публикаций и научных докладов по результатам научных исследований в рамках диссертационной работы осуществлялась совместно с соавторами.

**В ходе защиты диссертации были заданы вопросы и высказаны критические замечания:** при моделировании процесса селективного

лазерного плавления, какая использовалась модель, адаптировалась ли она к проводимому исследованию и как задавались значения параметров, используемых в ней; что автор понимает под «полем зарядов магнитной поляризации»; какой раствор рассматривался при спинодальном распаде.

Соискатель Гавриков И.С. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, что использовалась модель теплопередачи, в основе которой лежало уравнение входных и выходных тепловых потоков на поверхности, при этом в модель вносились значения физических параметров исследуемого материала из справочника, а адаптация осуществлялась путем изменения граничных условий: температуры и мощности лазера. Под концентрацией полей зарядов магнитной поляризации подразумевается определенное распределение диполей вблизи дефектов. Согласно фазовой диаграмме Fe-Cr-Co с понижением температуры спинодальный распад наблюдается в твердом растворе на основе гамма железа.

Диссертация соответствует критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в текущей редакции. На заседании 06.09.2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Гавриков Ивану Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений за решение актуальной научной задачи по изучению механизмов формирования высококоэрцитивного состояния в образцах состава  $Fe_{59}Cr_{25}Co_{16}$ , синтезированных методами селективного лазерного плавления и инъекционного формования, имеющей важное значение для производства постоянных магнитов системы Fe-Cr-Co с использованием перспективных методов и развития теории магнитного гистерезиса в данном семействе сплавов.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета

Пастушенков  
Юрий Григорьевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Барабанова  
Екатерина Владимировна

06.09.2024 г.