

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Чернышева Богдана Дмитриевича на тему: «Структура и свойства магнитотвердых материалов на основе гексаферрита стронция и сплавов системы Sm-Co-Fe-Cu-Zr, полученных методами PIM и аддитивных технологий», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 «Материаловедение»

Чернышев Богдан Дмитриевич с периода обучения в бакалавриате НИТУ МИСИС последовательно формировал профессиональные компетенции в области материаловедения и технологии магнитотвердых материалов. В 2016 г. он поступил на направление «Материаловедение и технологии материалов», а уже на третьем курсе начал трудовую деятельность в АО «Спецмагнит» в должности инженера отдела новой техники и подготовки производства. Работа на профильном предприятии позволила ему освоить как классические технологии изготовления постоянных магнитов – порошковую металлургию и литье по выплавляемым моделям, так и современные методы формования и аддитивного производства, включая PIM, селективное лазерное плавление и FDM-печать. Полученный опыт был использован при выполнении выпускной квалификационной работы, посвященной структуре, магнитным и механическим свойствам сплавов системы Fe-Cr-Co, полученных методами MIM и литья по выплавляемым моделям.

В 2021 г. Чернышев Б.Д. стал лауреатом стипендии Президента Российской Федерации для обучения за рубежом и продолжил образование по программе двойного дипломирования НИТУ МИСИС и École Centrale de Lyon (Франция). В период обучения им были подготовлены и успешно защищены две магистерские диссертации. Работа, выполненная в НИТУ МИСИС, развивала тематику магнитотвердых материалов, а исследование в École Centrale de Lyon, реализованное совместно с предприятием INETUX, было посвящено получению изделий сложной конфигурации из нержавеющей стали 316L методом Laser Foil Printing. Такой опыт позволил соискателю существенно расширить круг используемых экспериментальных подходов и приобрести навыки работы на стыке академических исследований и производственных задач.

С 2022 г. Чернышев Б.Д. работает в АО «ВНИИХТ» (впоследствии – в объединенной структуре с АО «Гиредмет»), где прошел путь от научного сотрудника лаборатории металлургических процессов до руководителя НИОКР по направлениям порошковой металлургии, постоянных магнитов и тугоплавких материалов. В том же году он поступил в аспирантуру НИТУ МИСИС по специальности 2.6.17 «Материаловедение». За время обучения сдал кандидатские экзамены по специальности, истории и философии науки и английскому языку с оценками «отлично», принимал активное участие в выполнении двух проектов Российского научного фонда. В ходе совместной работы Чернышев Б.Д. проявил себя как самостоятельный, ответственный и целеустремленный исследователь, способный планировать многоэтапный эксперимент, критически анализировать полученные результаты и доводить поставленные задачи до завершения.

Диссертационная работа Чернышева Б.Д. посвящена актуальной научно-технической задаче разработки технологических основ получения объемных изделий сложной конфигурации из магнитотвердых материалов методами PIM и стереолитографии. Актуальность выбранного направления определяется одновременно ростом требований к

миниатюризации и геометрической сложности магнитных систем и необходимостью повышения коэффициента использования дорогостоящего сырья. Традиционная порошковая металлургия обеспечивает высокие функциональные свойства постоянных магнитов, однако получение изделий сложной формы часто требует последующей механической обработки и сопровождается значительными потерями материала. РИМ-технологии и аддитивные методы позволяют существенно сократить объем отходов и расширить свободу проектирования изделий, но требуют установления взаимосвязей между параметрами подготовки порошков, составом связующего, условиями формования, дебиндинга, спекания и термообработки, с одной стороны, и фазовым составом, микроструктурой и магнитными свойствами конечного материала - с другой.

Существенным достоинством выполненной работы является комплексный характер исследования. Соискатель прошел полный технологический цикл для двух классов магнитотвердых материалов - гексаферрита стронция и многокомпонентного сплава системы Sm-Co-Fe-Cu-Zr. Лично или при непосредственном участии Чернышева Б.Д. были получены и подготовлены исходные порошки, разработаны грануляты и фотополимерные композиции, изготовлены «зеленые» и «коричневые» детали, отработаны режимы растворного и каталитического удаления связующего, термического дебиндинга, спекания и последующей термообработки. Им выполнены исследования гранулометрического и фазового состава, микроструктуры, плотности и магнитных гистерезисных характеристик. Важно, что работа не ограничилась подбором отдельных технологических режимов: соискателем последовательно установлено влияние параметров каждого передела на структурное состояние и функциональные свойства получаемых магнитотвердых материалов.

К числу наиболее значимых результатов диссертационной работы следует отнести обоснование и экспериментальную апробацию трехкомпонентного связующего растворного типа на основе парафина, полиамида и стеариновой кислоты для РИМ-переработки как ферритной керамики, так и химически активного сплава Sm-Co-Fe-Cu-Zr. Для гексаферрита стронция установлены режимы ферритизации и тонкого помола, позволяющие управлять фазовым состоянием, дисперсностью и способностью порошка к текстурированию; после оптимизации СИМ-процесса получены изделия плотностью до 4,6 г/см³. Для сплава Sm-Co-Fe-Cu-Zr показана принципиальная возможность изготовления методом МИМ анизотропных объемных магнитов сложной формы: достигнута плотность 8,3 г/см³, остаточная индукция $B_r = 1,01$ Тл, коэрцитивная сила по индукции $H_{CB} = 687,4$ кА/м и максимальное энергетическое произведение $(BH)_{max} = 176,5$ кДж/м³, что соответствует уровню постоянных магнитов марки КС25ДЦ-175. Отдельным результатом является разработка фотополимерных композиций на основе порошка гексаферрита стронция и демонстрация возможности стереолитографического формирования изделий сложной конфигурации. При этом выявлены факторы, ограничивающие получение плотного материала, - поглощение УФ-излучения магнитной фазой и гравитационная сегрегация частиц, что определяет направления дальнейшего совершенствования технологии.

Практическая направленность работы сочетается с достаточной глубиной материаловедческого анализа. Исследования выполнены на современном научном и промышленном оборудовании с использованием взаимодополняющих методов

структурной и магнитной характеристики. Полученные результаты имеют непосредственное значение для разработки отечественных технологий серийного изготовления постоянных магнитов сложной конфигурации с высоким коэффициентом использования материала. Особо отмечу, что значительная часть исследований выполнялась во взаимодействии с профильными промышленными организациями, что обеспечило проверку технологических решений в условиях, близких к реальному производству, и подтвердило их прикладную востребованность.

Результаты диссертационной работы прошли широкую апробацию. По теме исследования опубликовано 7 научных статей в рецензируемых изданиях, в том числе включенных в Перечень ВАК и индексируемых в базах Scopus и Web of Science. Основные результаты работы были представлены на 21 всероссийской и международной научной конференции. Публикации и доклады в достаточной степени отражают содержание диссертации и свидетельствуют о систематической работе соискателя над выбранной научной тематикой.

Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача в области материаловедения магнитотвердых материалов. По уровню самостоятельности, объему выполненных экспериментальных исследований, обоснованности полученных результатов и сформированным профессиональным компетенциям Чернышев Богдан Дмитриевич подготовлен к самостоятельной научно-исследовательской и научно-технической деятельности. Диссертационная работа «Структура и свойства магнитотвердых материалов на основе гексаферрита стронция и сплавов системы Sm-Co-Fe-Cu-Zr, полученных методами РИМ и аддитивных технологий» соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней в НИТУ МИСИС, а ее автор, Чернышев Богдан Дмитриевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 «Материаловедение».

Научный руководитель, к.т.н., доцент
кафедры физического материаловедения,
директор НЦМУ ММ

Щетипин И.В.



Подпись
заверяю

зам. начальника
отдела кадров

Кузнецова А.Е.

«31» 08 2026 г.