

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Бельтюковой Марии Александровны на тему: «Формирование структуры и свойств концентрационно-неоднородного сплава системы Fe-Cr-Co-Mo с добавкой Sm, Zr, Cu для точного приборостроения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы

Актуальность темы диссертации

Деформируемые магнитотвердые сплавы системы Fe-Cr-Co широко применяются в машиностроении, приборостроении, электронике, в частности для производства малогабаритных постоянных магнитов. Сплавы системы Fe-Cr-Co обладают высокой технологичностью, коррозионной стойкостью, температурной стабильностью магнитных свойств, что делает их перспективными и востребованными материалами. Согласно литературным данным, порошковые аналоги этих сплавов практически не уступают по своим характеристикам магнитам, полученным литьем и деформацией. Однако, существуют две основные проблемы порошковых аналогов, оказывающие отрицательное влияние на уровень физико-механических свойств: неоднородность химического состава и пористость. Кроме того, сплавы Fe-Cr-Co, с точки зрения современного приборостроения, обладают довольно низким уровнем магнитной энергии в сравнении с другими группами постоянных магнитов и требуют дополнительных исследований.

Поэтому работа Бельтюковой М.А., посвященная решению важной в настоящее время задаче повышению уровня магнитных и механических свойств магнитотвердых порошковых сплавов на основе системы Fe-Cr-Co является актуальной.

Содержание диссертационной работы

Текст диссертационной работы Бельтюковой М.А. изложен на 160 страницах, состоит из введения, пяти глав, заключения списка литературы и четырех приложений.

Содержание автореферата полностью отражает содержание диссертации.

Научная новизна полученных результатов и выводов

В диссертационной работе Бельтюковой М.А. представлены результаты, обладающие научной новизной. Наиболее важные результаты:

- установлено влияние добавок самария на микроструктуру и магнитные свойства порошкового магнитотвердого сплава на основе системы Fe-Cr-Co-

Мо, показан механизм трансформации морфологии фаз в процессе термической и термомагнитной обработки;

- определена концентрация самарий-содержащей добавки, оказывающей положительное влияние на уровень физико-механических свойств;

- выявлены закономерности распределения концентраций основных элементов сплава Fe-Cr-Co-Mo с добавкой 0,5% Sm и получена модель гомогенизации, позволяющая получать материалы с заданным уровнем концентрационной неоднородности и прогнозировать его.

Апробация работы и публикации

Результаты диссертационной работы достаточно апробированы, неоднократно докладывались на всероссийских и международных конференциях.

По результатам диссертационного исследования опубликовано 10 работ из них 4 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК, и 3 статьи в журналах, индексируемых в базе Scopus и WoS.

Обоснованность и достоверность полученных результатов и выводов

Достоверность научного исследования Бельтюковой М.А. подтверждается большим статистическим объемом наблюдений. Методы и методики, используемые в работе, отвечают современным требованиям обработки экспериментальных результатов, а полученные данные согласуются с данными других исследователей в области порошковой металлургии и магнитотвердых сплавов.

Представляемые результаты основаны на фундаментальных теориях порошковой металлургии, термической и термомагнитной обработки, а также на основах физического металловедения прецизионных сплавов. Выводы и заключения являются логичными и обоснованными, отражают суть проведенных исследований.

Соответствие содержания диссертации автореферату и указанной специальности

Диссертация и автореферат Бельтюковой М.А. имеют логичную, структурированную форму. Цель и задачи, содержание, заключение и выводы соответствуют формуле паспорта специальности 2.6.5 - Порошковая металлургия и композиционные материалы, пунктам 2, 5, 6

«Исследование и моделирование физико-химических процессов получения полуфабрикатов и изделий из порошковых, композиционных материалов с металлической, углеродной, керамической матрицей и

армирующими компонентами различной неорганической природы, разработка оборудования и технологий»;

«Изучение структуры и свойств порошковых, композиционных материалов, покрытий и модифицированных слоев на полуфабрикатах и изделиях, исследование процессов направленной кристаллизации изделий из порошковых и композиционных материалов, разработка технологий и оборудования»;

«Разработка и совершенствование технологических процессов производства, контроля и сертификации полуфабрикатов и изделий различного назначения из порошковых и композиционных материалов, а также материалов и изделий с покрытиями и модифицированными слоями».

Значимость результатов для науки и производства

Практическая ценность диссертации заключается в разработке способа получения магнитотвердого материала на основе сплава Fe-Cr-Co-Mo, содержащего две магнитные системы, с повышенными характеристиками магнитных свойств и улучшенным параметром петли магнитного гистерезиса. Результаты исследования могут быть использованы для практического применения сплава в качестве материала деталей гистерезисных двигателей.

Впервые продемонстрирована возможность улучшения физико-механических свойств сплава системы Fe-Cr-Co-Mo добавкой на основе редкоземельного магнита КС25ДЦ. Данный результат имеет большое научное и практическое значение и может являться основой для будущих исследований в области разработки новых порошковых магнитотвердых сплавов.

Показана возможность переработки некондиционных отходов магнитов КС25ДЦ и использования их в качестве легирующей добавки с целью повышения физико-механических свойств сплава 22Х15К4МС. Предложенный способ, позволяет добиться экономии дорогостоящего порошка кобальта.

Замечания по содержанию работы

1. На рисунке 24 представлены результаты определения концентрационной неоднородности S_m в зависимости от температуры и продолжительности спекания. В тексте указано, что «при температурах спекания 1250, 1300 °С характер изменения концентрационной неоднородности схож. С увеличением продолжительности спекания концентрационная неоднородность S_m снижается». Но согласно рисункам 24 (а-б) значение концентрационной неоднородности S_m при температуре спекания 1250 °С на начальном этапе возрастает и возвращается к исходному значению, а при температуре спекания 1300 °С возрастает с 0,7 до

1.0. С чем это может быть связано? Как объяснить столь большое различие в значениях концентрационной неоднородности (от 0,7 до 1,2) на начальных этапах спекания, если использовалась одна и та же исходная композиция?

2. В разделе 3.4 представлены результаты исследований влияния добавки самария на магнитные характеристики сплава 22Х15К4МС после многоступенчатого старения. Отмечается, что легирование сплава 22Х15К4МС самарием в количестве 0,5% позволяет получать порошковые гистерезисные магниты с коэрцитивной силой в диапазоне от 3,9 до 33 кА/м и остаточной магнитной индукцией от 0,44 до 0,95 Тл. Не представлены анализы полученных результатов и обоснования данных изменений. Проводились ли исследования изменения фазового состава и микроструктуры полученных материалов?

3. В таблице 4.8 представлено сравнение свойств сплава 22Х15К4МС после различных режимов старения. Применялись различные режимы старения: от одноступенчатого при температуре 635 °С с выдержкой 120 мин до многоступенчатого в интервале температур 635-520 °С с общим временем выдержки 840 мин. Согласно результатам ДСК-анализа (рисунок 53) распад α -твердого раствора протекает в интервале температур 520-650 °С. Почему в качестве начальной температуры старения выбрана температура 635 °С? Рассматривали ли режимы с более низкой температурой, но большей длительностью?

4. Не понятен принцип выбора режимов термо-магнитной обработки (ТМО). При этом режимы ТМО в главах указываются абсолютно разные. Так в главе 2 указан режим ТМО в интервале температур 670-500 °С с выдержкой от 20 до 40 минут на каждой стадии (таблица 2.4), в главе 4 (стр. 93) указан режим ТМО: 670 °С - 15 мин., 640 °С - 40 мин., 600°С - 15 мин, 575°С - 5 мин., 555 °С - 5 мин, а в главе 5 при описании технологии изготовления магнитов для роторов электрических двигателей указан режим ТМО: 670 °С - 20 мин, 640 °С - 40 мин, 600 °С - 3-5 мин.

Указанные замечания не снижают научную и практическую значимость диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа «Формирование структуры и свойств концентрационно-неоднородного сплава системы Fe-Cr-Co-Mo с добавкой Sm, Zr, Cu для точного приборостроения» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения для получения магнитотвердых материалов с улучшенными характеристиками методом порошковой

металлургии, имеющие важное значение для развития отрасли прецизионного приборостроения страны.

Представленная диссертационная работа по научной новизне, практической ценности отвечает требованиям п.п. 9 и 14, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 28.05.2024 № 27-О, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Бельтюкова М.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Официальный оппонент

Разумов Николай Геннадьевич

доктор технических наук, доцент,
профессор научно-образовательного центра
«Конструкционные и функциональные
материалы», федеральное государственное
автономное образовательное учреждение высшего
образования «Санкт-Петербургский
политехнический университет Петра Великого»
(научная специальность: 2.6.5 – Порошковая
металлургия и композиционные материалы)

195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29АФ.

e-mail: n.razumov@onti.spbstu.ru

телефон: +7 (812) 294-46-20

Даю свое согласие на обработку персональных данных и включение их в
аттестационное дело Бельтюковой Марии Александровны.

Разумов Н.Г.

