

Отзыв

официального оппонента доктора технических наук, доцента

Егорова Максима Сергеевича

на диссертационную работу Гетто Елены Руслановны «Структурообразование и свойства магнитно-мягких композиционных материалов на основе порошков железа ПЖРВ, покрытых силикатами и солями калия и натрия», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Актуальность темы исследования

Актуальность темы исследования обусловлена возрастающей потребности Российской Федерации в разработке новых магнитно-мягких композиционных материалов (ММКМ), используемых для производства магнитопроводов различной электротехники. Наиболее перспективным являются исследования по получению ММКМ, полученных из порошков железа отечественного производства, покрытых органическими и неорганическими нанопленками. Применение методов порошковой металлургии позволяет получать магнитопроводы сложной конфигурации, при этом значительно снизить отходы производства в сравнении с классическими методами производства сердечников из шихтованной электротехнической стали.

В настоящее время основная часть научно-исследовательских работ в этом направлении посвящена магнитно-мягким материалам, представляющим чистые или легированные порошки железа, покрытых органическими диэлектрическими пленками. Изучению ММКМ на основе порошков железа, в которых в качестве диэлектрического неорганического покрытия используются силикаты калия и натрия, уделено недостаточно внимания, хотя такие покрытия имеют ряд преимуществ: хорошие адгезионные свойства, что способствует более равномерному обволакиванию частиц железа, удовлетворительную прочность, выдерживают относительно высокие температуры и дешевле по сравнению с органическими материалами.

Научная новизна

В диссертационной работе установлено, что на структурообразование и свойства ММКМ влияют химический состав, технологические параметры нанесения покрытий из силикатов и солей калия и натрия, гранулометрический состав и морфология распыленных порошков железа, режим прессования и спекания. Впервые выявлены факторы, влияющие на механизм формирования однородного диэлектрического покрытия, и показано, что наиболее высокие свойства ММКМ получены из порошков железа размером частиц от 100 до 160 мкм, покрытых силикатом калия или кремнийорганическим лаком, после их механической активации в шаровой мельнице в течение 10 мин. Научно и экспериментально обосновано влияние мелких частиц, расположенных на поверхности более крупных порошков железа на кинетику формирования покрытия в водных растворах силиката калия или натрия, а также в растворе

кремнийорганического лака в ацетоне на структуру и свойства ММКМ. Установлено, что силикатсодержащее покрытие снижает внутренний коэффициент трения и при прессовании давлением менее 800 МПа порошков железа с покрытием из силиката калия толщиной в пределах 20-60 нм преобладает структурная деформация, а материал частиц железа упрочняется при этом незначительно.

В работе выявлено, что при нагреве прессовок из порошков железа с покрытием из силиката калия выше 600 – 650°C кремний реагирует с кислородом, адсорбированным на поверхности частиц железа, снижается концентрация калия в покрытии, частично восстанавливаются оксиды железа, образуется на межчастичных контактах и свободных поверхностях частиц химические соединения, влияющие на коррозионную стойкость и диэлектрические свойства покрытия.

Практическая значимость

Практическая значимость работы заключается в том, что разработан новый магнитно-мягкий композиционный материал, представляющий собой порошок железа покрытый электроизолирующим силикатсодержащим неорганическим диэлектриком, для производства сердечников и магнитопроводов трансформаторов тока релейной защиты. Представлены практические рекомендации по выбору диэлектрика и режима обработки порошков железа, нанесения покрытия на них в водном растворе силиката калия, прессования и спекания. На основе практических рекомендаций разработана технология изготовления магнитопроводов и обоснована экономическая эффективность применения разработанного материала для их производства. Проведены заводские испытания магнитных и механических характеристик разработанного ММКМ в условиях ООО «Композит НЧК».

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

В работе использованы традиционные и специфические методики исследований, аргументировано описаны физико-химические процессы, протекающих на всех стадиях технологических процессов производства изделий из разработанного ММКМ и обоснованы основные научные положения и выводы, что показывает научная и практическая значимость диссертации. Достоверным представляется научное положение о влиянии режимов активации порошков определенного гранулометрического состава на кинетику структурообразования разработанных материалов и технологии.

По теме диссертации опубликовано 12 печатных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК по специальности 2.6.5., 1 статья из базы цитирования Scopus. Основные результаты диссертационной работы отражены в этих и других приведенных публикациях. На разработанный магнитно-мягкий композиционный материал оформлен один

патент РФ на изобретение. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на Международном и Всероссийском конференциях.

Личный вклад диссертанта в проведенном исследовании состоит в участии в постановке задач, проведении экспериментов, обработке полученных результатов и их обобщении. Результаты исследования не вызывают сомнения и подтверждены использованием разнообразных методов.

Оценка содержания диссертации и автореферата

Диссертационная работа Е.Р. Гетто изложена на 160 страницах и включает: введение, литературный обзор и постановка цели и задач исследования (глава 1), описание технологии и оборудования для определения магнитных и технологических свойств ММКМ, подробно описаны использованные в работе материалы и методики исследований (глава 2), экспериментальную часть исследования (главы 3 и 4), практическую часть исследования (глава 5), общие выводы, список сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложений.

В целом материал изложен последовательно, в хорошем научном стиле с использованием традиционной терминологии и общепринятых базовых научных воззрений.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Во введении автор показывает актуальность темы, степень разработанности проблемы, сформулирована цель и научные результаты, выносимые на защиту, определены задачи, объект и предмет исследования, указана научная новизна, практическая значимость и реализация полученных результатов.

В первой главе проведён анализ опубликованных отечественных и зарубежных работ по теме диссертации. Приведены основные характеристики магнитно-мягких материалов, влияние состава и структуры на их свойства. Установлено, что основная часть известных работ посвящена изучению структуры и свойств, а также технологии получения порошковых магнитно-мягких материалов различного состава; обосновано, что перспективным является разработка новых ММКМ, представляющих собой частицы порошка железа покрытых силикатсодержащим диэлектриком. Проведенный литературный обзор позволил автору четко сформулировать цель и задачи исследования.

Во второй главе диссертационной работы показаны характеристики и назначение исследовательского оборудования; представлен химический состав используемых материалов; описаны методики проведения экспериментов и определения физико-технологических свойств ММКМ.

В третьей главе диссертационной работы исследовано влияние силикатов и солей натрия и калия на структурообразование и свойства ММКМ из распыленных порошков железа отечественного производства; показаны технологические особенности и кинетика формирования покрытий из силиката

на частицах порошков железа ПЖР 2.200.30.

В четвертой главе диссертационной работы приведены результаты исследований влияния гранулометрического состава, режимов механической активации, нанесения диэлектрических покрытий, прессования и спекания на структурообразование, магнитные и механические свойства ММКМ из порошков железа.

В пятой главе диссертационной работы разработаны рекомендации по изготовлению магнитопроводов трансформаторов тока релейной защиты из ММКМ на основе порошков железа ПЖРВ 2.200.30, покрытых силикатом калия..

В общих выводах диссертационной работы обобщены результаты исследований и сформулированы выводы и рекомендации по работе.

Замечания по содержанию и оформлению работы

По диссертационной работе Гетто Е.Р. следует отметить в качестве замечаний следующее:

1. Недостаточно исследовано влияние структуры материала частиц, концентрации примесей и микропор в распыленных порошках железа на магнитные и технологические свойства ММКМ.

2. Поскольку на толщину диэлектрического покрытия и свойства ММКМ влияет гранулометрический состав и микрорельеф частиц порошка, то следовало более подобно исследовать какая доля распыленных порошков железа образуют конгломераты (рис. 3.19, 3.2, 4.3 и др.), как они влияют на технологические свойства шихты и магнитные свойства ММКМ.

3. В диссертации было бы желательно объяснить почему магнитопроводы из мелких порошков железа имеют более низкие свойства, чем из порошков фракций +100 – 160.

4. В работе достаточно убедительно обосновано влияние кривизны поверхности частиц на толщину диэлектрического покрытия, нанесенного в водных растворах силиката калия и натрия, но не понятно от чего зависит коэффициент поверхностного натяжения (формулы 4.1 и 4.2).

5. Из рентгеновских дифрактограмм не понятно влияет ли давление прессования на микроструктуру материала частиц порошка железа после прессования и спекания.

Имеются некоторые стилистические погрешности и отпечатки

Однако, как видно из характера замечаний, они не затрагивают сущность диссертационной работы Е.Р. Гетто, выполненной на высоком уровне, и представляющее собой законченное исследование. Полученные экспериментальные результаты являются новыми и достоверными. Они имеют большое практическое значение для развития технологии изготовления в Российской Федерации магнитопроводов электрических машин малой мощности, трансформаторов релейной защиты и других устройств из магнитно-мягких композиционных материалов.

Заключение

Диссертация Гетто Е.Р. «Структурообразование и свойства магнитно-мягких композиционных материалов на основе порошков железа ПЖРВ, покрытых силикатами и солями калия и натрия» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения по получению нового магнитно-мягкого композиционного материала из порошков железа отечественного производства, покрытых силикатами калия и натрия, позволяющие значительно снизить себестоимость производства магнитопроводов электромагнитных устройств, что имеет существенное значение для развития металлургической и электротехнической, электротехнической отраслей страны. Результаты исследования вносят весомый вклад в развитие теории и практики получения магнитно-мягких композиционных материалов. полностью удовлетворяет критериям пунктов 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в ред. от 11.09.2021), а ее автор, Гетто Елена Руслановна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Гетто Е.Р., исходя из нормативных документов Правительства, Минобрнауки и ВАК, в том числе на размещение их в сети Интернет на сайте ПГУ, на сайте ВАК, в единой информационной системе.

Отзыв составил:

Заведующий кафедрой «Материаловедение и технология металлов»
Донского государственного технического университета д.т.н. (2.6.5 –
Порошковая металлургия и композиционные материалы), доцент ВАК (05.16.06
– Порошковая металлургия и композиционные материалы)

28.07.2025 г.

Егоров Максим Сергеевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Донской государственный технический университет
(ДГТУ): 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1.

Тел. (863)273-85-25.

E-mail: reception@dons

Подпись д.т.н., доц. М.
Ученый секретарь
Ученого совета ДГТУ

стовеяю:

Н. Анисимов