

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук

Кулевича Виталия Павловича

на диссертацию Гетто Елены Руслановны «Структурообразование и свойства магнитно-мягкого композиционного материала 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.

Общие положения

Диссертационная работа Гетто Е.Р. выполнена на кафедре «Материаловедение и технология машиностроения» (Технология машиностроения и технологические машины и оборудование) Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав с общими выводами, библиографический список из 122 наименований. Объем диссертации составляет 157 страниц машинописного текста.

Актуальность темы

Диссертация Гетто Е.Р. посвящена актуальной тематике – разработке технологии получения новых магнитно-мягких композиционных материалов на основе распыленных порошков железа, производитель ПАО «Северсталь», с заданными магнитными и механическими свойствами.

В электротехнической и электронной промышленности, приборостроении и в других отраслях машиностроения сердечники магнитных систем производят из электротехнической стали разного состава, сплавов на основе Fe-Ni, магнитодиэлектриков и магнитно-мягких ферритов. Порошковые цельнопрессованные магнитопроводы используют в основном в устройствах, работающих в постоянных полях.

Современные подходы к улучшению магнитных и технологических свойств порошковых магнитно-мягких материалов направлены на снижение пористости и повышения электросопротивления в результате легирования кремнием, фосфором, алюминием. Такие материалы могут быть рекомендованы для динамических устройств с кратковременной нагрузкой.

В последнее время особое внимание уделяют разработке технологии получения магнитно-мягких композиционных материалов на основе порошков железа с низким содержанием примесей. В качестве диэлектрика применяют полимерные материалы или порошки ферромагнетиков покрывают фосфатами. Научный и практический интерес представляют исследования, посвященные нанесению на порошки железа теплостойких диэлектрических покрытий и разработка технологических рекомендаций материалов для магнитопроводов, работающих в переменных магнитных полях разной частоты.

Эти и другие особенности обуславливают *актуальность* рецензируемой диссертационной работы Гетто Е.Р., посвященной созданию научно обоснованного технологического подхода при разработке магнитно-мягких

композиционных материалов (ММКМ) из порошков железа с заданными свойствами для производства магнитопроводов трансформаторов тока релейной защиты и других устройств.

Основные научные результаты и оценка их новизны

В диссертации с единых позиций и всесторонне рассмотрены важнейшие факторы, влияющие на структурообразование и свойства исследуемых ММКМ и получены следующие результаты, отличающиеся научной значимостью и новизной:

1. Теоретически и экспериментально обоснована эффективность применения водных растворов силикатов калия и натрия для нанесения диэлектрического покрытия на распыленные порошки железа и установлено, что на химический состав и структуру ММКМ влияют химический состав и морфология порошков железа, концентрация силикатов в водном растворе и параметры технологии прессования и спекания магнитопроводов;

2. Впервые экспериментально показано влияние гранулометрического состава распыленных порошков железа с преобладающей сферической формой частиц на магнитные свойства ММКМ. Выявлено, что максимальная магнитная проницаемость, магнитную индукцию имеют ММКМ, изготовленные из механически активированных порошков ПЖРВ 2.200.30 фракций + 100 - 160 мкм, а минимальные удельные магнитные потери при частоте перемагничивания 50 Гц имеют образцы, прессованные из порошков размером частиц + 0,35 - - 0,35, покрытых силикатом калия или кремнийорганическим лаком;

3. Показано, что при спекании формовок из порошка железа, покрытых силикатом калия или кремнийорганическим лаком, выше 650 – 700 °С химический состав диэлектрического покрытия изменяется: в слое K_2O-SiO_2 в зоне межчастичных контактов концентрация кремния снижается почти 2 раза – часть его растворяется в частицах железа, а другая часть находится в связанном виде; на межчастичных границах порошков и на их свободной поверхности образуются химические соединения, повышающие диэлектрические свойства покрытия;

4. Выявлены кинетические особенности формирования структуры и свойств магнитно-мягких композиционных материалов из распыленных порошков железа, покрытых силикатами калия и натрия, не уступающих по магнитным и механическим свойствам материалам из порошков железа фирмы «Хеганес», что позволяет создать новую технологию производства магнитопроводов трансформаторов тока релейной защиты.

Научная новизна работы заключается в раскрытии закономерностей формирования структуры и свойств порошковых ММКМ, что позволило разработать новый способ улучшения магнитных свойств ММКМ в результате равномерного распределения покрытия на них. Научно и экспериментально обосновано влияние морфологии и микрорельефа поверхности частиц порошков железа на механизм формирования диэлектрического слоя из силикатов и солей калия и натрия и уплотнения при прессовании магнитопроводов;

Впервые установлено, что для улучшения магнитных и технологических свойства распыленных порошков железа целесообразно проводить механическую активацию в шаровых мельницах для удаления с их поверхности различные примеси и частицы порошка мелких фракций, влияющих на однородность распределения диэлектрических покрытий.

Экспериментально показано, что на функциональные свойства магнитно-мягких композиционных материалов из распыленных порошков железа влияют химический состав, способ нанесения и толщина диэлектрического слоя, физико-химические процессы, протекающие при формовании и спекании на границах частиц железа и диэлектрических покрытий из силикатов и солей калия и натрия

Достоверность и обоснованность результатов исследований

Достоверность результатов исследований обеспечена использованием фундаментальных положений теории и практики производства магнитно-мягких композиционных материалов, большим объемом экспериментальных исследований, выполненных с привлечением современных методов исследований.

Интерпретация полученных в ходе исследования результатов проведена на высоком методическом уровне, научные положения и выводы вполне обоснованы и надежно подтверждены результатами вычислительных экспериментов и расчетных оценок.

Достоверность исследований также подтверждается многократной повторяемостью экспериментальных данных, а также согласованностью теоретических данных с результатами экспериментов.

Значимость полученных автором результатов для развития отрасли порошковой металлургии и композиционных материалов

Значимость полученных автором диссертации научных результатов для развития отрасли порошковой металлургии и композиционных материалов заключается в том, что:

1. Для повышения магнитных, механических и эксплуатационных свойств магнитно-мягких композиционных материалов разработан новый вариант подготовки и нанесения диэлектрических покрытий на распыленные порошки железа, получения прессовок относительно низкой пористостью и прогнозируемой структурой;
2. Предложены, научно обоснованы и экспериментально подтверждены новые методы повышения функциональных свойств магнитно-мягких композиционных материалов;
3. В публикациях отражены результаты проведенных исследований и показана научная и практическая значимость их для развития представления о формировании структуры и свойств ММКМ;

Практическая ценность работы

Практическая ценность работы заключается в том, что:

1. Разработана методика расчета параметров и оптимизации режима нанесения диэлектрических покрытий на основе силикатов калия и натрия, а также других неорганических соединений прогнозируемой толщины и

показаны термической обработки порошковых высоколегированных сталей и выявлены причины снижения магнитных свойств распыленных порошков железа отечественного производства;

2. Определены режимы и технологические этапы получения ММКМ из нелегированных порошков железа с добавками неорганических диэлектриков, обеспечивающие заданные свойства, а также повышающие механические свойства и стабильность магнитных характеристик;

3. Разработаны технологические рекомендации по производству магнитопроводов трансформаторов тока релейной защиты с заданными функциональными свойствами.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты и выводы диссертации рекомендуется использовать в научно-исследовательских, проектно-конструкторских и промышленных предприятиях, занимающихся разработкой, изготовлением и эксплуатацией изделий из порошковых материалов, а также при проведении учебного процесса в вузах РФ.

Замечания по содержанию и оформлению работы

1. В литературном обзоре внимание уделено в основном описанию структуры и свойств магнитно-мягких материалов на основе железа, полученных разными методами, но не обобщены публикации, посвященные режимам механической активации порошковой шихты и области применения этой технологической операции.

2. Из таблицы 2.2. (стр. 46) не понятно в какой строке указаны основные характеристики силиката калия.

3. В работе проводили механическую активацию порошков для улучшения их свойств, однако не показано как при этом изменился химический состав, текучесть и формуемость распыленных порошков железа марок ПЖРВ 2.200.28 и других.

4. Из диссертации и автореферата не понятно, как влияет среда спекания на магнитные и механические свойства магнитопроводов, полученные по разработанной диссертантом технологии.

5. Диссертант утверждает, что формирующийся в процессе спекания состав диэлектрического покрытия положительно влияет на свойства ММКМ, но по представленным в диссертации микроструктурам (рис. 3.5, 3.6, 4.11, 4.19 и др.) сложно оценить какая толщина покрытия и как она влияет на электросопротивление материала.

В тексте диссертации есть опечатки, неудачные высказывания и недостаточно информативны некоторые рисунки.

Общая оценка диссертации и автореферата

Указанные замечания не снижают научную и практическую значимость диссертационной работы. В ней на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения по получению магнитно-мягких композиционных

материалов с заданными свойствами. Результаты исследований и их внедрение вносят значительный вклад в развитие народного хозяйства страны, так как обеспечивают повышение эксплуатационных характеристик и надежность отечественных электротехнических устройств.

Содержание автореферата и публикаций отражает основные положения и результаты диссертационной работы. По теме диссертации опубликовано 11 работ, из них 3 в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК по специальности 2.6.5, и 1 в изданиях индексируемой в Scopus.

Диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, имеющая важное хозяйственное значение, 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 ПНИПУ, на сайте ВАК, в единой информационной системе.

Официальный оппонент
Доцент кафедры «Материаловедение и
композиционные материалы»
Волгоградского государственного
технического университета (ВолгГТУ),
кандидат технических наук
Научная специальность:
2.6.17 - Материаловедение (технические
науки).

Кулевич Виталий Павлович

21.04.2025

Россия, 400005, Волгоград, пр. им. Л.
Волгоградский государственный тех.
тел. +7 (904) 420 52 73,
e-mail: kulevich.vp@gmail.com

(ВолгГТУ)

Евгения В. П.
Кулевич В. П.
(подпись)