

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Токмаковой Екатериной Николаевной на тему **«Влияние отжига в ненасыщающем магнитном поле на магнитные свойства и характер перемagnичивания аморфных магнитомягких сплавов»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – «Материаловедение», состоявшейся в НИТУ МИСИС 20.11.2024

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 09.09.2024, протокол № 22.

Диссертация выполнена на кафедре физического материаловедения Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Введенский Вадим Юрьевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физического материаловедения НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 22 от 09.09.2024) в составе:

1. **Панина Лариса Владимировна** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры технологии материалов электроники НИТУ МИСИС – председатель комиссии;
2. **Ховайло Владимир Васильевич** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС;
3. **Ушаков Иван Владимирович** – доктор технических наук, заведующий кафедрой физики НИТУ МИСИС;
4. **Капуткин Дмитрий Ефимович** – доктор технических наук, профессор кафедры физики Московского государственного технического университета гражданской авиации;
5. **Кольчугина Наталья Борисовна** – доктор технических наук, заведующая лабораторией физикохимии тугоплавких и редких металлов и сплавов ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук.

В качестве **ведущей организации** утвержден Государственный научный центр Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» (ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»), г. Москва.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Выявлены закономерности влияния отжига в магнитном поле, малом по сравнению с полем насыщения, на магнитные свойства и процессы перемангничивания и намагничивания аморфных сплавов на основе Co и Fe;
- Установлена возможность эффективности (в части значительного улучшения магнитомягких свойств) отжига в ненасыщающем магнитном поле по сравнению с отжигом без поля, и обсуждены условия этой эффективности для аморфных сплавов на основе железа и на основе кобальта;
- Установлено оптимальное сочетание факторов отжига в ненасыщающем магнитном поле (величина поля, диаметр образца, скорость охлаждения, время выдержки, момент приложения поля, магнитная подготовка, температура, а также наличие или отсутствие предварительного высокотемпературного отжига) для получения наилучшего комплекса магнитомягких свойств аморфных сплавов на основе железа и кобальта;
- Разработана математическая модель петли гистерезиса с использованием дробно-линейной функции, которая может использоваться в качестве способа обработки экспериментальных данных для разделения обратимой и необратимой составляющих индукции.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- Установлены закономерности влияния различных факторов отжига в ненасыщающем магнитном поле на магнитные свойства и характер перемангничивания аморфных магнитомягких сплавов на основе Fe и Co;
- Развиты теоретические представления о механизме влияния малых полей при отжиге на формирование магнитных свойств магнитомягких аморфных сплавов, связанном с частичной или полной дестабилизацией доменных стенок и наведением магнитной анизотропии в части объема ферромагнетика;
- Изучен эффект от влияния малых магнитных полей при отжиге на форму петли гистерезиса аморфных сплавов. Показано, что в зависимости от величины прикладываемого при обработке поля на ветвях петли гистерезиса

могут как сохраняться некоторые искажения, присущие перминварному эффекту, так и полностью устраняться;

- Предложена методика анализа процессов намагничивания аморфных сплавов по начальным участкам кривых намагничивания. Показано, что приложение продольного ненасыщающего магнитного поля при отжиге всегда способствует уменьшению поля окончания необратимого намагничивания малыми скачками Баркгаузена, а также, как правило, приводит к уменьшению поля окончания намагничивания обратимым смещением 180-градусных границ доменов.

- Разработана математическая модель петли гистерезиса аморфных магнитомягких сплавов, которая может стать полезным инструментом для изучения особенностей процессов перемагничивания

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- ❖ Определены направления практического использования отжига в слабых продольных магнитных полях, позволяющего улучшить магнитные свойства аморфных сплавов на основе Fe и Co;

- ❖ Полученное значительное улучшение магнитомягких свойств аморфных сплавов на основе Fe и Co в результате отжига в ненасыщающем магнитном поле по сравнению с отжигом без поля важно для расширения исследований с целью повышения энергоэффективности технологии термомагнитной обработки магнитомягких материалов;

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что в ходе проведения экспериментов применялись аттестованные методики исследований с использованием современного научно-исследовательского оборудования; была обеспечена воспроизводимость результатов. В полученных соискателем результатах отсутствуют научные противоречия с результатами работ отечественных и зарубежных авторов. Основные результаты работы были опубликованы в ведущих научных рецензируемых изданиях, а также апробированы на международных и всероссийских конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в том, что результаты, составившие основу диссертации, получены лично автором или при его непосредственном участии. Автор лично проводил эксперименты, занимался обработкой

результатов большинства экспериментов, подготовкой научных статей и докладов конференций.

Основные результаты диссертации Токмаковой Екатерины Николаевны опубликованы в 4 научных статьях в изданиях, входящих в рекомендуемый перечень ВАК и индексируемых в наукометрических базах Scopus и Web of Science, а также в 6 тезисах докладов в сборниках трудов научных конференций.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Токмаковой Е.Н. соответствует критериям раздела 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором исследований установлены закономерности влияния отжига в продольных магнитных полях много меньше поля насыщения на формирование магнитных свойств и характер процессов перемагничивания и намагничивания аморфных магнитомягких сплавов на основе железа и кобальта, применение которого на практике позволит повысить уровень энергосбережения за счет сокращения энергозатрат на создание магнитного поля при термомагнитной обработке магнитопроводов, а также благодаря значительному улучшению магнитомягких свойств аморфных сплавов.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Токмаковой Екатерине Николаевне ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – «Материаловедение».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования Экспертная комиссия в количестве 5 человек из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за – 5 чел., против – 0 чел., недействительных бюллетеней – 0.

Председатель Экспертной комиссии



Л.В. Панина

20.11.2024