

О Т З Ы В

Официального оппонента на диссертацию Мазеевой Алины Константиновны «Формирование стабильных магнитных свойств в аморфных и нанокристаллических сплавах кобальта и железа для защитных металлополимерных экранов на их основе», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

В настоящее время актуальнейшей задачей физиков-технологов является защита биологических объектов, электротехнического и электронного оборудования от повышенного уровня техногенных магнитных и электромагнитных полей, которые могут негативно повлиять на жизнедеятельность биологических объектов, в том числе человека, а также приводить к сбоям в работе электротехнического и электронного оборудования. Следует отметить, что для регламентирования предельно допустимых значений постоянных и переменных магнитных полей в России и за рубежом разрабатываются нормативные документы, в соответствии с которыми должна быть обеспечена защита населения, обслуживающего персонала и других биологических объектов, а также электромагнитная совместимость технических средств. Изложенное выше свидетельствует о необходимости разработки эффективных способов защиты биологических объектов и оборудования. Наиболее эффективными способами защиты является экранирование с помощью специальных защитных материалов, характеризующихся высокой магнитной проницаемостью (порядка 10^3 и выше). Согласно существующим данным металлополимерные экраны на основе аморфных сплавов кобальта и железа, полученные методом спиннингования расплава, являются наиболее перспективными. Неравновесная структура аморфных сплавов обуславливает широкие возможности видоизменения их свойств. Наиболее эффективным способом изменения указанных материалов является термическая обработка, в процессе которой реализуются различные механизмы формирования их магнитных свойств. В частности, возможно появление аморфно-нанокристаллической структуры в объеме сплава, релаксация внутренних закалочных напряжений, образование поверхностного аморфно-нанокристаллического слоя, наведение внутренних напряжений внедрёнными атомами внешней среды и др. Указанные механизмы являются конкурирующими и могут приводить к нестабильности и отсутствию воспроизводимости магнитных свойств. Это отражается на эффективности экранирования. Кроме того, существенной проблемой практического применения металлополимерного экрана является его поведения при длительном воздействии эксплуатационных факторов.

Ин-т «Курчатовский институт»	
Физико-технический институт	
Вх. № 3269	в ДЕЛО
«13» 09 20 14 г.	№
Осн. 6 л.	подп.
Прил.	п

В условиях воздействия коррозионной среды, климатических факторов, механических напряжений и др. свойства аморфных и нанокристаллических сплавов могут также изменяться из-за их неравновесной структуры.

Изложенное выше позволяет утверждать что, диссертационная работа Мазеевой А.К., посвященная поиску технологических режимов термической обработки, обеспечивающих воспроизводимый и стабильный уровень магнитных свойств (в частности, максимальной магнитной проницаемости) металлополимерных экранов на основе лент аморфных и нанокристаллических магнитомягких сплавов, а также изучение механизмов формирования их магнитных свойств является актуальной.

Диссертация содержит 175 страниц и состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы, содержит 82 рисунка, 32 таблицы, 118 библиографических ссылок, 3 приложения.

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, обозначена научная новизна и практическая значимость, представлены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена обзору литературы по теме диссертации, описано современное состояние исследований и разработок в области материалов для магнитного и электромагнитного экранирования технических и биологических объектов. Показано, что аморфные и нанокристаллические сплавы на основе кобальта и железа являются наиболее перспективными в области создания новых экранирующих материалов, а наиболее эффективным способом получения требуемых значений их магнитных и экранирующих характеристик является термическая обработка. Приведены наиболее перспективные направления применения экранирующих материалов, в том числе эффективных в широком диапазоне частот. Проанализировано влияние технологических факторов на магнитные свойства изучаемых аморфных и нанокристаллических сплавов.

Сформулированы цели и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе приведено описание исходных материалов, методик исследования и оборудования, используемых для решения поставленных задач. Для изготовления магнитных экранов были выбраны ленты аморфных сплавов АМАГ-172, АМАГ-170 и АМАГ-200, на основе которых в дальнейшем изготавливались металлополимерные экраны. Структуры и свойства аморфных и нанокристаллических сплавов исследовались с помощью современных методов.

В третьей главе представлены результаты исследования влияния термической обработки, воздействия воды и водяного пара, а также полимерного

покрытия на магнитные свойства и характер изменения намагниченности в аморфных сплавах на основе кобальта Co-Ni-Fe-Cr-Mn-Si-B.

В четвертой главе приведены результаты изучения влияния термической обработки на формирование статических и динамических магнитных характеристик нанокристаллических сплавов на основе железа Fe-Nb-Cu-Si-B с различным содержанием меди.

В пятой главе проанализирована проблема температурно-временной стабильности лент кобальтовых аморфных сплавов в диапазоне температур от -60 до +150 С и образцов металлополимерных экранов на их основе.

Полученные результаты вносят существенный вклад в понимание проблемы формирования стабильных магнитных свойств в аморфных и нанокристаллических сплавах на основе кобальта и железа, используемых для защитных металлополимерных экранов. Мазеева А.К. выполнила достаточно большой объем экспериментальных исследований. Новизна работы определяется получением новых экспериментальных данных, направленных на объяснение с единой точки зрения целого ряда экспериментально наблюдаемых явлений.

Наиболее важными новыми результатами, имеющими наибольшую научную и практическую значимость являются следующие.

1. Установление корреляционной зависимости максимальной магнитной проницаемости от доли доменов с ортогональной намагниченностью в аморфном сплаве АМАГ-172 системы Co-Ni-Fe-Cr-Mn-Si-B.
2. Определение режимов термической обработки сплава АМАГ-172, обеднённого никелем, позволяющих получить максимально высокие значения (не менее 800000) магнитной проницаемости.
3. Разработка метода определения знака магнитострикции, состоящий в обработке поверхности аморфных Co-Ni-Fe-Cr-Mn-Si-B лент водой или водяным паром и регистрации доли доменов с ортогональной намагниченностью. Обнаружение в одних случаях уменьшение доли доменов с ортогональной намагниченностью, а в других увеличение, объясненное сменой знака магнитострикции.
4. Обнаружение видоизменения поверхностной доменной структуры аморфных Co-Ni-Fe-Cr-Mn-Si-B лент при нанесении полимерного покрытия.
5. Наблюдение в сплавах системы Fe-Cu-Nb-Si-B с концентрацией меди 1,5–3,2 масс.%, имеющих аморфно-нанокристаллическую структуру с размером нанокристаллитов 15-20 нм, высоких динамических магнитных свойств, в частности, действительной части магнитной проницаемости в

диапазоне частот до 1 МГц не менее 2500, а в диапазоне частот до 5 МГц не менее 1000.

6. Обнаружение температурной стабильности аморфных АМАГ-172 лент в диапазоне температур от -60 до +60 °С, позволяющей длительно использовать материал в данном температурном интервале. Наблюдение снижения максимальной магнитной проницаемости сплава при повышении рабочей температуры до 100 °С и выше, ограничивающее применимость указанного материала.
7. Обнаружение снижения коэффициента экранирования готовых экранов на основе сплава АМАГ-172 при комплексном воздействии климатических факторов.

Достоверность полученных результатов определяется использованием для исследований тестированных образцов и аттестованного оборудования, воспроизводимостью полученных данных, корреляцией результатов с результатами других исследователей.

Кроме того, достоверность и научная новизна результатов подтверждается полученными патентами РФ № 2530076 и № 2529494.

Практическая значимость работы состоит в том, что диссертационная работа выполнялась в рамках работ по Соглашению о предоставлении субсидии № 14.625.21.0018 от 28.11.2014 г. с Минобрнауки РФ. Фактически был получен металлополимерный экран со стабильными магнитными и экранирующими свойствами, успешно опробованный в ООО «НИИ «Севкабель», АО «НПП «Исток» им. Шокина» и ГНЦ РФ ИМБП РАН. Лабораторные испытания также показали конкурентоспособность экрана по сравнению с зарубежными аналогами, такими как MS-F (Hitachi, Япония) и позволяют говорить о перспективе расширения спроса как на отечественном, так и на зарубежном рынке экранирующих материалов.

По диссертационной работе можно сделать следующие замечания:

1. При описании на стр. 20 кривой намагничивания следовало бы также ввести понятие технического насыщения, а также парапроцесса.
2. В работе отмечается, что работ, посвященных исследованию термической обработки аморфных сплавов с положительной магнитострикцией много, а с близкой к нулю – значительно меньше. Целесообразно было бы указать некоторые, заслуживающие наибольшее внимание.
3. В качестве характеристики экранирующего материала используется максимальный коэффициент экранирования при соответствующем магнитном поле. Целесообразно было бы привести мотивацию этого.

4. Информация «...на образец падает свет, поляризованный параллельно направлению луча » не корректна. Направление луча (вектор $\mathbf{k}$) и вектора $\mathbf{E}$ и $\mathbf{H}$ падающей ЭМ волны образуют ортогональную тройку векторов. Дальнейшее описание «закона контраста в эффекте Керра» (стр.84) также не корректно.
5. Не корректно определение « исходно-закаленное состояние ленты.. ». Аморфные ленты получают закалкой расплава на быстровращающемся барабане. В дальнейшем целесообразней использовать определения «исходное» и «термически обработанное» состояние.
6. Не понятна оценка доли аморфизаторов (в сумме порядка 20 ат.%) из таблицы 3.3.
7. Опечатки и стилистические неточности: стр.65 – «можно принята», стр.69 – «регистрация кривой», стр.70 – «емпературы», стр. 97 - «составляет порядка 2,5 мин/мм», стр. 116 – «..намного менее острая..», стр. 131 – «...резкое уменьшение свойств » и др. Много вводных слов типа «при этом», «причем».

Указанные недостатки не имеют принципиального характера и не затрагивают основного содержания диссертационной работы.

Результаты диссертации многократно докладывались на российских и международных конференциях и хорошо известны специалистам. По теме диссертации опубликовано 29 работ, в том числе 6 в рецензируемых изданиях, рекомендованных перечнем ВАК, 2 патента на изобретение (РФ), 18 докладов в материалах российских и международных конференций.

Автореферат и публикации автора в престижных научных изданиях точно и полностью отражают полученные в диссертационной работе результаты.

Резюмируя сказанное можно констатировать, что диссертация А.К. Мазеевой посвящена актуальной теме, содержит ряд новых, важных в научном и практическом плане результатов, которые вносят значительный вклад в понимание механизмов формирования магнитных свойств аморфных и нанокристаллических сплавов на основе кобальта и железа, а также технологических режимов их термической обработки, обеспечивающих воспроизводимый и стабильный уровень магнитных свойств металлополимерных экранов, создаваемых на их основе. Наиболее значимым результатом диссертационной работы является использование полученных в ходе ее выполнения экспериментальных данных при изготовлении магнитного металлополимерного рулонного экрана, снижающего более чем в 10 раз влияние магнитное поле промышленной частоты, создаваемого силовыми

кабелями, тем самым позволяющего обеспечить защиту высокоточного и высокочувствительного технологического оборудования предприятия.

Диссертационная работа «Формирование стабильных магнитных свойств в аморфных и нанокристаллических сплавах кобальта и железа для защитных металлополимерных экранов на их основе», отвечает всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых ВАК к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.13 с изменениями от 21.04.2016 г. №335), а ее автор, Мазеева Алина Константиновна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук, профессор,
главный научный сотрудник кафедры магнетизма
физического факультета

Федерального государственного бюджетного
Образовательного учреждения высшего образования
«Московский государственный университет
имени М.В.Ломоносова»

Шалыгина Елена Евгеньевна

119991, ГСП-1, г. Москва, Ленинские горы, д.1, стр.2

e-mail: info@physics.msu.ru

тел.: +7(495)939-31-60

Подпись доктора физ.-мат. наук, профессора Шалыгиной Елены Евгеньевны
удостоверяю.

ДЕКАН

Физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова

Профессор



Н.Н. Сысоев