

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мильковой Дарии Александровны  
«Разработка аморфных магнитомягких материалов на основе железа с  
высоким содержанием металлов», представленную на соискание учёной  
степени кандидата технических наук по специальности  
2.6.1 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Исследования и разработка аморфных магнитомягких материалов открывают новые возможности для создания инновационных магнитных устройств. Аморфные магнитомягкие материалы на основе железа обладают уникальными магнитными свойствами, которые позволяют снизить потери энергии в магнитных компонентах устройств. Это особенно важно для современной электроники и электротехники, где требуется высокая энергоэффективность. Следовательно, диссертационная работа Мильковой Д.А., посвященная установлению зависимости магнитных свойств от состава и термической обработки аморфных материалов на основе железа систем Fe-Co-B-Si-(C,P) и Fe-Ni-B-P-Si-Nb-Cu, является актуальной темой исследования.

Наиболее значимые результаты работы, представляющие научную и практическую значимость, заключаются в следующем:

1) Разработаны сплавы  $(\text{FeCo})_{82-84}\text{B}_{15-17}\text{Si}_1$  с режимами термической обработки ( $T_{\text{х1}}-80$ ) с выдержкой  $(0,12-0,9) \cdot 10^3$  с и сплавы  $(\text{FeCo})_{83-84}\text{B}_{14-15}\text{Si}_1\text{P}_1$  с режимами термической обработки ( $T_{\text{х1}}-80$ ) с выдержкой  $(0,12-1,5) \cdot 10^3$  с, обеспечивающие намагниченность насыщения 1,8-2,0 Тл;

2) Установлено, что в сплавах  $(\text{Fe}_{0,5}\text{Ni}_{0,5})_{76-80}\text{B}_{11-12}\text{P}_{4-5}\text{Si}_3\text{Nb}_{0-3}\text{Cu}_{0-1}$  легирование ниобием до 2 ат.% эффективно с целью снижения коэрцитивной силы и сохранения высокой намагниченности насыщения около 0,98 Тл. Добавка ниобия повышает термическую стабильность сплавов при первичной кристаллизации ГЦК фазы.

В рамках исследования разработаны составы магнитомягких сплавов и режимы термической обработки, которые могут найти применение для

производства элементов электротехнических изделий из материалов с заданным уровнем магнитных свойств.

По автореферату диссертационной работы можно сделать следующие замечания:

- учитывая главную цель работы - поиск аморфных сплавов на основе железа с высоким содержанием ферромагнитных элементов, т.е. сплавов, которые обладают повышенной индукцией насыщения в сравнении с аналогами, достаточно много времени уделено материалам на основе железа/никеля, значительно уступающих по комплексу характеристик, например, современным нанокристаллическим сплавам, а значит имеющих не так много перспектив реального применения;

- по автореферату не очень понятно, какой ширины и толщины ленты использовались в исследованиях, а ведь геометрические параметры лент и, соответственно, скорость охлаждения при закалке расплава, наряду с химическим составом, существенно влияют на степень аморфности структуры;

- с практической точки зрения в дальнейшем неплохо было бы больше внимания уделить таким важным параметрам, как удельные потери и магнитная индукция в полях, близких к реальным в работе изделий, например, так называемой индукции технического насыщения в поле 800 А/м (поле, в котором как раз измерялась коэрцитивная сила) - сравнение с аналогами по данным параметрам, на мой взгляд, наиболее корректно;

- для большего раскрытия потенциальных возможностей разработанных материалов нельзя исключать применение термомагнитной обработки.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности данной работы. Диссертация является самостоятельным законченным научным трудом. Работа Мильковой Д.А. прошла апробацию на конференциях. Результаты работы опубликованы в 2 работах, входящих в базы данных Web of Science/Scopus и перечень ВАК.



Представленная работа по экспериментальному уровню и объёму отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС», а её автор, Милькова Дария Александровна, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Инженер-консультант ПАО «Мстатор»

К.т.н., Иванов Олег Геннадьевич

09.06.2025



Адрес: 174401, Новгородская область, г. Боровичи, ул. А. Невского, д. 10

Телефон: +7 (81664) 2-00-08

Адрес электронной почты: iog1961@rambler.ru