

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шитова Александра Владимировича «Магнитные свойства и микроструктура спеченных магнитов (Nd,Dy)-(Fe,Co)-В», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 – «Физика магнитных явлений».

Магнитотвердые материалы на основе соединения Nd-Fe-B на сегодняшний день являются незаменимыми для создания высокоэнергоемких постоянных магнитов для нужд энергетики и электротранспорта. Особо актуальной остается повестка снижения доли тяжелых РЗМ в составе постоянных магнитов при сохранении высоких магнитогистерезисных свойств с помощью технологических приемов.

Общая концепция работы направлена на установление закономерностей формирования высококоэрцитивного состояния в образцах магнитов (Nd,Dy)-(Fe,Co)-В в рамках связи их микроструктурных особенностей и магнитных свойств. В работе рассмотрено влияние методики синтеза, легирующих добавок, режимов термообработок и гран. состава на микроструктуру, фазовый состав и гистерезисные характеристики исследуемых соединений и образцов после процесса спекания.

В третьей главе приведены результаты синтеза и аттестации сплавов, полученных методом разлива в водоохлаждаемую изложницу при варьировании температуры расплава. Представлен широкий спектр зависимости значений гистерезисных свойств рассматриваемых сплавов от температуры расплава и скорости закалки.

В четвертой главе представлены гистерезисные свойства спеченных образцов Nd-Fe-B, легированных Dy в пределах 0 – 1 % масс. Отмечен результат достигнутого максимального энергетического произведения 49,5 МГсЭ при добавлении 0,5 масс. % Dy. Объяснена роль наблюдаемой на изображениях микроструктуры фазы (Nd,Dy,Fe,Co,Cu,Ga) O_y в качестве «проводника» для жидкофазной диффузии легирующих элементов Co, Cu, Ga в процессе дополнительного отжига для спеченных образцов исследуемых соединений. Исследованы температурные зависимости гистерезисных свойств и магнитной восприимчивости спеченных образцов с повышенным содержанием Dy до 10,3 % масс. Установлено, что повышение содержания кобальта в данных соединениях приводит к формированию в межзеренном пространстве фаз (Nd,Dy) M_2 по типу фаз Лавеса, которые ухудшают магнитную изоляцию зерен и также приводят к уменьшению поля анизотропии основной фазы типа Nd₂Fe₁₄B. Избежать этого помогает легирование исходного сплава галлием, который помогает сформировать парамагнитную фазу (Nd,Dy)(Fe,Co,Ga)₂. Можно также отметить интересный результат, что в образцах с повышенным содержанием кобальта до 0,36 формульной единицы выявлено присутствие фазы (Nd,Dy)₂(Fe,Co)₁₇.

В пятой главе приводятся результаты диффузионных отжигов для спеченных образцов Nd-Fe-B для формирования структуры ядро-оболочка, представлена динамика остаточной индукции B_r и коэрцитивной силы H_{cJ} от времени отжига и состава легирующей добавки на основе диспрозия.

В шестой главе описано существенное количество экспериментов по достижению максимальной степени текстуры порошков исследуемых материалов, достигнут максимальный результат для спеченного образца с остаточной индукцией $B_r = 1,43$ Тл и энергетическим произведением $(BH)_{\max} = 48$ МГсЭ.

В качестве замечаний к автореферату можно выделить:

- на рисунке 3 представлены неполные данные по температурным зависимостям, для некоторых составов отсутствуют части температурных диапазонов;
- в тексте автореферата для исследуемых составов $(\text{Nd}_{0,75}\text{Dy}_{0,25})_{15,1}(\text{Fe}_{1-c}\text{Co}_c)_{78,4}\text{Cu}_{0,1}\text{Ga}_{0,3}\text{B}_{6,1}$, заявленных в научной новизне, с повышенным содержанием кобальта до $c = 0,36$ формульных единиц, не приводятся магнитные гистерезисные свойства и максимальное энергетическое произведение для спеченных образцов, указан только температурный коэффициент остаточной индукции α ;
- в шестой главе не представлена количественная оценка степени текстуры получаемых спеченных образцов.

Автором проведен существенный объем экспериментальных исследований, представлен логичный подход к их интерпретации. Полученные результаты хорошо согласуются с общей концепцией работы.

Считаю, что диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор Шитов Александр Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 – «Физика магнитных явлений».

Младший научный сотрудник ОМТТ НИИ ФПМ,
доцент кафедры магнетизма и магнитных наноматериалов,
кандидат физико-математических наук



 Уржумцев Андрей Николаевич

«23» апреля 2025 года

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Адрес организации: 620000, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, тел. +7(343)389-95-67

E-mail: andrei.urzhumtsev@urfu.ru

Составлен Уржумцев
(Шитов А.В.)

Подпись 
Заверяю

16.05.2025г.

 /С.Н. Щуклина