

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Савченко Александра Григорьевича на тему «Закономерности формирования высококоэрцитивного состояния в микро- и нанокристаллических магнитотвёрдых материалах на основе сплавов системы Nd-Fe-B», представляемой на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Актуальность темы диссертационной работы А.Г. Савченко определяется тем, что в ней получили своё существенное развитие научные основы физики металлов и физического материаловедения магнитотвёрдых материалов (далее – МТМ) на основе сплавов систем РЗМ-Fe-B, включая установление закономерностей формирования высококоэрцитивного состояния (далее – ВКС) в микро- и нанокристаллических МТМ на основе сплавов системы Nd-Fe-B в зависимости от их химического состава, режимов получения и обработки. Последнее особенно важно с точки зрения научного обеспечения технологической безопасности России и эффективного импортозамещения в отрасли редкоземельных магнитов в условиях, когда, например, Министерство торговли КНР с 2024 года включило технологии производства Sm-Co, Nd-Fe-B и Ce-магнитов в *«Каталог технологий, запрещённых и ограниченных к экспорту»*. В этой связи проблема создания теоретических и экспериментальных основ и принципов разработки оптимальных композиций и эффективных методов получения микро- и нанокристаллических МТМ на основе сплавов системы Nd-Fe-B, решению которой в основном и посвящена диссертационная работа А.Г. Савченко, является актуальной не только с научной точки зрения, но приобретает также и важное практическое значение.

Результаты диссертационная работа А.Г. Савченко несомненно отличаются научной новизной. Наиболее интересными и важными с научной точки зрения можно отметить такие новые результаты, как: 1) сформулированы ключевые принципы, обеспечивающие выбор оптимальных составов микрокристаллических МТМ на основе сплавов системы Nd-Fe-B с улучшенными гистерезисными свойствами, а также способ их практической реализации, которые можно использовать при разработке других видов композиционных функциональных материалов; 2) установлено, что в интервале температур от комнатной до 250 °С обменное взаимодействие в быстрозакалённых сплавах Nd-Fe-B между соседними зёрнами магнитотвёрдой фазы, и магнитотвёрдой и магнитомягкой фаз определяет их ВКС, при этом одновременно реализуются оба механизма формирования ВКС, – и сильное закрепление доменных стенок на дефектах структуры (является основным примерно до 150 °С), и трудное зарождение (доминирует в интервале от 150 °С до 250 °С); 3) построены и проанализированы диаграммы «температура обработки – фазовый состав – магнитные гистерезисные свойства» для порошков быстрозакалённого сплава $\text{Nd}_{10.4}\text{Zr}_{4.0}\text{Fe}_{75.1}\text{Co}_{4.1}\text{B}_{6.4}$ после кристаллизационных отжигов в диапазоне температур 380 – 700 °С, позволившие выявить корреляции между

магнитными гистерезисными свойствами и фазовым составом и микроструктурой сплавов, а также обнаружить протекание при температурах отжига выше 580 °С твердофазной реакции $(\text{Nd,Zr})_2(\text{Fe,Co})_{14}\text{B} \rightarrow \text{Nd}_2(\text{Fe,Co})_{17} + \alpha\text{-(Fe,Co)} + \text{ZrB}$. Результаты нашли применение в НПО «Магнетон» (г. Владимир), АО «Композит» (г. Королёв МО), а также на магнитном заводе фирмы MAGNEX RT (г. Будапешт, Венгрия).

С точки зрения **практической значимости** результатов, представленных в диссертационной работе, и, в первую очередь, установленных закономерностей формирования ВКС в микро- и нанокристаллических МТМ на основе сплавов системы Nd-Fe-B, то она состоит прежде всего в том, что многие из них могут стать научной основой эффективных технологических решений, включая разработку композиций новых МТМ на основе сплавов систем R-Fe-B, где R – РЗМ, Y, Th, Dd, MM или их смеси, с наперёд заданными гистерезисными свойствами и эксплуатационными параметрами.

Достоверность результатов работы не вызывает сомнений и обеспечена комплексным подходом к исследованиям закономерностей формирования ВКС в микро- и нанокристаллических МТМ на основе сплавов системы Nd-Fe-B, – использованием большого количества различных, в ряде случаев взаимодополняющих, базирующихся на различных физических принципах, экспериментальных методов; применением методов математического моделирования; хорошей повторяемостью и воспроизводимостью экспериментальных и расчётных результатов, а также сопоставимостью полученных результатов с экспериментальными и теоретическими данными других авторов по тематике, близкой к теме диссертационного исследования. По теме диссертации опубликовано более 50 работ, в том числе 48 в журналах, рекомендованных ВАК, а также входящих в базы цитирования WoS и Scopus, получено 3 патента.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации, написан технически грамотным языком, однако по тексту автореферата имеются **замечания**.

1. Выводы по работе можно было бы сформулировать короче. Например, выводы 15 и 17 представляются неоправданно детализированными и пространными.

2. Из текста автореферата не совсем понятно, в чем состоит основная идея высокоэнергетического помола порошков быстрозакалённых сплавов системы Nd-Fe-B, уже находящихся в высококоэрцитивном состоянии.

3. В тексте автореферата присутствуют опечатки (например, в п. 3 Научной новизны отсутствует запятая в словосочетании «... а во-вторых, ...», а в последней строке п. 3 вторая скобка должна стоять не перед, а после формулы « $\text{Nd}_2(\text{Fe,Co})_{17}$ ») и стилистические погрешности, однако их немного и они не влияют на восприятие сути работы.

В то же время, сделанные замечания имеют скорее рекомендательный характер и не оказывают влияния на общую положительную оценку диссертационной работы и не ставят под сомнение её основные положения, результаты и выводы.

С учётом изложенного, считаю, что диссертационная работа Савченко Александра Григорьевича на тему «Закономерности формирования высококоэрцитивного состояния в микро- и нанокристаллических магнитотвёрдых материалах на основе сплавов системы Nd-Fe-B» отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к докторским диссертациям, а также «Положения о порядке присуждения учёной степени в НИТУ МИСИС», а её автор, Савченко Александр Григорьевич, заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории пластической деформации металлических материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН) 119334, г. Москва, Ленинский проспект, 49
тел.: +7 (499) 135-94-31, e-mail: imilyaev@imet.ac.ru

Миляев Игорь Матвеевич

17 июня 2024 г.

Согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Савченко А.Г.

Подпись И.М. Миляева удостоверяю:

Ученый секретарь ИМЕТ РАН О.Н. Фомина

