

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 диссертационной работы А.Г. Савченко, которая посвящена развитию теоретических и экспериментальных основ и принципов разработки оптимальных композиций и эффективных методов получения микро- и нанокристаллических магнитотвёрдых материалов на основе сплавов системы Nd-Fe-B, базирующихся на закономерностях формирования в них высококоэрцитивного состояния, **обусловлена** острой необходимостью скорейшего импортозамещения в области редкоземельных постоянных магнитов этого типа, потребность в которых у российских потребителей сегодня почти полностью удовлетворяются за счёт импорта из КНР, а также наметившейся тенденцией к возрождению в Российской Федерации производства редкоземельных постоянных магнитов на современной научной, технологической и приборно-инструментальной базе. А именно, диссертационная работа А.Г. Савченко создаёт все необходимые предпосылки для скорейшего освоения отечественной промышленностью производства постоянных магнитов на основе сплавов системы Nd-Fe-B, по меньшей мере, четырёх критически важных для отечественных потребителей групп: с повышенными энергетическими характеристиками (максимальное энергетическое произведение $(BH)_{\max} = 360 - 440 \text{ кДж/м}^3$; с повышенной коэрцитивной силой (коэрцитивная сила по намагниченности $H_{ci} > 2 \text{ МА/м}$), в том числе, работающих при температурах выше 200°C ; экономно легированных, с пониженным содержанием или вообще не содержащих Nd и тяжёлые РЗМ (Dy, Tb), а также работающих при криогенных температурах.

В этой связи, приведённые в автореферате результаты наглядно демонстрируют комплексность решаемой соискателем задачи и включают как развитие на основе обширного экспериментального материала уже ставших классическими методов, так и совершенно новые подходы в установлении закономерностей формирования высококоэрцитивного состояния в микро- и нанокристаллических магнитотвёрдых материалах на основе сплавов системы Nd-Fe-B в зависимости от их химического состава, режимов получения и обработки.

При этом даже в использованной логике изложения, судя по автореферату, диссертационная работа А.Г. Савченко представляет собой сумму двух диссертаций: первые две главы своим результатом имеют прямой выход на практическое использование в рамках существующих производств, вторые две главы закладывают необходимый научный фундамент для разработки и внедрения новых композиций микро- и нанокристаллических магнитотвёрдых материалов на основе сплавов системы Nd-Fe-B.

На мой взгляд, основными элементами **новизны и научной значимости** диссертационной работы, наряду с другими, являются следующие результаты:

- сформулированные ключевые принципы, обеспечивающие выбор оптимального состава микрокристаллических магнитотвёрдых материалов на основе сплавов системы Nd-Fe-B с улучшенными гистерезисными свойствами, модель идеальной микроструктуры спечённых магнитов Nd-Fe-B, удовлетворяющая этим требованиям, композиции сплавов-добавок, а также способ практической реализации указанных принципов для получения идеальной микроструктур;

- гипотетическая метастабильная диаграмма системы Nd-Fe и схема фазовых превращений в сплавах Nd-Fe, состав которых соответствует составу обогащённой Nd зернограницной фазы в магнитотвёрдых материалах на основе сплавов системы Nd-Fe-B;

- выявленные механизмы формирования высококоэрцитивного состояния в магнитотвёрдых материалах на основе быстрозакалённых сплавов Nd-Fe-B при комнатной и повышенных температурах;

- определение того, что высококоэрцитивное состояние в микрокристаллических магнитотвёрдых материалах на основе сплавов системы Nd-Fe-B с улучшенными гистерезисными свойствами (высокоэнергетических и высококоэрцитивных) контролируется процессом зарождения доменов обратной намагниченности.

В целом же, развиваемые в диссертационной работе А.Г. Савченко подходы обладают безусловной фундаментальной значимостью в плане дальнейшего развития представлений о закономерностях формирования высококоэрцитивного состояния в микро- и нанокристаллических магнитотвёрдых материалах на основе сплавов системы Nd-Fe-B и сами по себе имеют бесспорную практическую значимость, являясь научной основой для разработки и управления свойствами новых материалов. Вместе с тем, по тексту автореферата возникло несколько

вопросов и замечаний:

1. В выводе № 12 отмечается, что «... предложенные и прошедшие успешную апробацию при получении спечённых постоянных магнитов с повышенными энергетическими характеристиками способ и принципы выбора систем легирования базовых сплавов Nd-Fe-B, основу которых составляет инжиниринг границ и «декорирование» поверхности зёрен магнитотвёрдой фазы, могут быть использованы при разработке других микро- и наноструктурированных композиционных материалов с особыми физическими свойствами ..., достигаемыми в результате формирования структур типа «ядро-оболочка», когда зёрна матричной фазы разделены прослойкой контролируемой толщины и состава с наперёд заданными свойствами», однако нет сведений, было ли это предположение проверено на практике? Если, да, то на каких материалах и каков результат?

2. Из текста автореферата не ясно, по какому принципу выбирали составы сплавов при определении закономерностей влияния на фазовый состав, морфологию микроструктуры и магнитные гистерезисные свойства микрокристаллических спечённых постоянных магнитов на основе сплавов систем R-Fe-B, где R – PЗМ, Dd, MM или их смеси, «... режимов и/или ключевых параметров основных этапов традиционной порошковой технологии»?

3. Выводы по работе в ряде случаев (например, выводы 3, 8, 15, 17) выглядят излишне детализированными, кроме того, в тексте автореферата есть опечатки и неточности редакторского характера.

Особо хочется отметить очень большой объем экспериментальной работы проведенной автором.

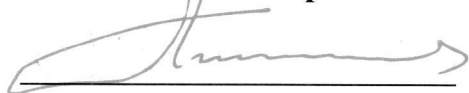
Приведённые выше вопросы и замечание ни в коей мере не отражаются на общей положительной оценке диссертационной работы А.Г. Савченко. Цель, задачи, способы их достижения и решения, полученные результаты свидетельствуют о том, что диссертация вносит существенный теоретический и экспериментальный вклад в актуальное для современной России направление исследований в области физики и технологии редкоземельных магнитотвёрдых материалов, и физики конденсированного состояния в целом. Автореферат диссертационной работы даёт полное представление о её содержании, а сама диссертационная работа А.Г. Савченко является законченным научным исследованием.

Считаю, что научная новизна, актуальность, научная и практическая

значимость работы и уровень полученных А.Г. Савченко результатов **удовлетворяют** всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемых 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 физико-математических наук,
Исполнительный директор АО «АмперМагнит»,
Председатель ТК428 Росстандарта «Магнитные материалы и изделия»,
Зав. кафедрой электромобильности и магнитных систем МФТИ,
Профессор физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

Тишин Александр Метталинович



27 апреля 2024 г.

Я, Тишин Александр Метталинович, согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Савченко А.Г.

Подпись **А.М. Тишина** удостоверяю.

Начальник

ОТДЕЛ КАДРОВ

(подразделение)



(подпись, печать)

Е.А.Акунец

Адрес: 108840, г. Москва, ул Промышленная д.4

Телефон: +7 (903) 968 94 79

Адрес электронной почты: tishin@amtc.org