

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Уржумцева Андрея Николаевича «Высококоэрцитивное состояние и особенности перемагничивания нано- и микрокристаллических сплавов на основе соединений типа  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  и  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ », представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 – Физика магнитных явлений

Современные высокоанизотропные редкоземельные магнетики вобрала в себя лучшие свойства от входящих в их состав ионов группы железа и редкоземельных ионов. От первых они получили высокие температуры упорядочения и спонтанной намагниченности, а от вторых – большие значения констант магнитокристаллической анизотропии. Такое сочетание фундаментальных характеристик приводит к неизменному интересу к интерметаллидам как с точки зрения понимания формирования их фундаментальных свойств на атомном уровне, так и с точки зрения практического применения. Наиболее широкое распространение высокоанизотропные интерметаллиды получили в качестве материалов для изготовления постоянных магнитов. Однако высокая магнитокристаллическая анизотропия еще не является гарантией получения высокой коэрцитивной силы.

Большинство существующих моделей высококоэрцитивного состояния появилось в середине прошлого века, когда магнитотвердые материалы с точки зрения микроструктуры были достаточно просты, а измерительная техника не позволяла их тщательно исследовать. Современные существенно гетерогенные материалы, в которых гистерезисные магнитные свойства обусловлены в первую очередь микроструктурным состоянием не могут быть описаны разработанными в те времена моделями. Анализ существующих и используемых методов и подходов к определению причин высокой коэрцитивной силы определил направление диссертационного исследования А.Н. Уржумцева, которым стало установление причин формирования высокой коэрцитивной силы современных магнитотвердых материалов на основе соединений  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  и  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ . Среди задач, решение которых необходимо для достижения цели работы, отмечу следующие: исследование магнитных гистерезисных свойств микро- и нанокристаллических сплавов с особым акцентом на исследование обратимых и необратимых составляющих намагничивания и перемагничивания; анализ полученных экспериментальных результатов и выявление механизмов процессов намагничивания и перемагничивания с учетом особенностей микроструктуры.

А.Н. Уржумцев систематически работал по направлению диссертационного исследования на протяжении всего срока обучения в аспирантуре, успешно справился со всеми поставленными перед ним задачами и получил серию интересных результатов, к которым относятся: физически обоснованная модификация модели Кондорского, учитывающая магнитостатическое взаимодействие между зернами сплава; превалирующий механизм формирования высокой коэрцитивной силы в сплавах на основе соединения  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  определяется микроструктурой и может быть как задержкой формирования зародыша перемагничивания, так и задержкой смещения доменных границ; доменные стенки в термически размагниченом состоянии сплавов  $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Zr}, \text{Cu})_z$  могут находиться не только на границах зерен, представляющих собой выделения фазы



$\text{Sm}(\text{Co}, \text{Cu})_5$ , но и в наноразмерных зернах фазы  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ ; предложил методику определения механизма перемагничивания таких материалов из анализа зависимостей обратимого изменения намагниченности от напряженности размагничивающего поля, приложенного к предварительно намагниченному до состояния технического насыщения образцу.

Полученные результаты были представлены А.Н. Уржумцевым на 11 международных и всероссийских конференциях в виде устных и стендовых докладов и опубликованы в 4 статьях в рецензируемых журналах. Результаты также вошли в отчеты по гранту № 20-32-90211 «Обобщенная модель процессов перемагничивания нанокристаллических магнитотвердых материалов систем Sm-Co и Nd-Fe-B» Аспиранты Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ); государственному заданию Министерства науки и высшего образования Российской Федерации FEUZ-2020-0051 «Исследование магнитных явлений в атомных системах на основе 4f и 3d-переходных металлов в состояниях с различной пространственной размерностью и магнитопольевых эффектов в механически твердых и мягких магнитных композитах как материалах для перспективных инженерных и медико-биологических технологий» и программы целевой аспирантуры УрФУ.

Обучаясь в аспирантуре, А.Н. Уржумцев уделял время научной и учебной работе со студентами кафедры магнетизма и магнитных наноматериалов Института естественных наук и математики УрФУ. При его непосредственном участии выполнялась выпускная работа бакалавра. Он проводит лабораторные занятия по курсу «Планирование и компьютерное управление в научном эксперименте», практические занятия по курсу «Аддитивные технологии».

В целом можно констатировать, что А.Н. Уржумцев при выполнении диссертационного исследования проявил высокую заинтересованность при решении поставленных задач, понимание физической сути получаемых результатов. Проявил самостоятельность в проведении исследований, обработке и интерпретации полученных результатов. Он может самостоятельно ставить и решать научные задачи в области магнетизма и магнитных материалов. Это позволяет считать, что Андрей Николаевич Уржумцев достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 – Физика магнитных явлений.

Научный руководитель  
доц. кафедры магнетизма и магнитных наноматериалов  
Институт естественных наук и математики  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»  
кандидат физико-математических наук, доцент

01.10.2022  
620002, Екатеринбург,  
ул. Мира, 19,  
тел.: (343) 389-95-67  
e-mail: alexey.volegov@urfu.ru

Волегов Алексей Сергеевич



2



Заведую: вед. документовед