

ОТЗЫВ

Савченко Александра Григорьевича и Менушенкова Владимира Павловича
на автореферат диссертации Болячкина Антона Сергеевича «Роль обменного и
магнитостатического взаимодействий в формировании гистерезисных свойств
нанокристаллических сплавов» на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности
01.04.11 – Физика магнитных явлений

В настоящее время одним из перспективных направлений разработки новых материалов для высокоэнергетических постоянных магнитов является создание наноструктурированных магнитно-однофазных и/или магнитно-многофазных (нанокompозитов) сплавов с обменным межзёренным (межкристаллитным) взаимодействием, обеспечивающим получение магнитотвердых материалов (МТМ) с величиной остаточной намагниченности, превышающей 0,5 от намагниченности насыщения. Однако, полного понимания связи микроструктуры и локальных взаимодействий с макроскопическими характеристиками нанокристаллических сплавов до сих пор не достигнуто.

Диссертационная работа Антона Сергеевича Болячкина посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию влияния среднего размера и дисперсии размеров зёрен, обменного и магнитостатического межзёренного взаимодействий на процессы перемагничивания, величину остаточной намагниченности, продольной и поперечной магнитных восприимчивостей в нанокристаллических сплавах со случайной ориентацией осей легкого намагничивания, а также проведено сравнение результатов, полученных методом компьютерного моделирования, с экспериментальными результатами, полученными на изотропном нанокристаллическом сплаве $\text{Nd}_2(\text{Fe}_{0,8}\text{Co}_{0,2})_{14}\text{B}$.

В работе получены следующие интересные и важные результаты:

- Получены зависимости, описывающие поведение магнитных восприимчивостей в параллельном и перпендикулярном направлениях относительно остаточной намагниченности при слабом межзёренном обменном взаимодействии, а также рассмотрено изменение этих зависимостей при наличии дисперсии размера зерен и магнитостатического взаимодействия между ними.

- Предложен новый метод оценки эффективной константы магнитной анизотропии и константы межзёренного обменного взаимодействия в высокоанизотропных нанокристаллических сплавах на основе измерений продольной и поперечной магнитных восприимчивостей в состоянии остаточной намагниченности.

- Показано, что положение и амплитуды максимумов на графиках Хенкеля (зависимостях $\delta M(H)$) изотропных магнитотвердых нанокристаллических сплавов связаны со средним значением и дисперсией размера зерен, константой магнитной анизотропии и константой межзёренного обменного взаимодействия.

- Предложенный метод оценки эффективной константы магнитной анизотропии и константы межзёренного обменного взаимодействия в высокоанизотропных нанокристаллических сплавах с одноосной магнитной анизотропией, а также полученные результаты для графиков Хенкеля (зависимостей $\delta M(H)$) имеют практическое значение для разработчиков новых наноструктурированных МТМ для постоянных магнитов.

В качестве замечания следует отметить, что при компьютерном моделировании нанокристаллического сплава использованные в предложенной автором модели параметры

нормированы на первую константу магнитокристаллической анизотропии. При этом не было учено, что для одноосных ферромагнетиков второй и даже третьей константой магнитной анизотропии в общем случае пренебрегать нельзя. Тем более, когда, например, как в случае соединения $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ при температурах ниже комнатной, первая константа становится отрицательной. Кроме того, не совсем понятно использование союза «и» в выражениях типа «*графики Хенкеля и зависимости $\delta m(h)$* », ведь графики Хенкеля это и есть зависимости $\delta m(h) = m_d(H) - [1 - 2m_r(H)]$.

Тем не менее, высказанные замечания имеют скорее рекомендательный характер и ни в коей мере не снижают ценность и высокую оценку диссертационной работы. Изложенный в автореферате диссертации материал свидетельствует о высокой научной квалификации Болячкина Антона Сергеевича, а диссертация является законченной исследовательской работой, посвященной решению актуальной научной проблемы, имеющей практическое значение. Полученные в работе Антона Сергеевича Болячкина результаты находятся в согласии с теоретическими и практическими данными, полученными российскими и зарубежными авторами, а использованный комплексный подход к исследованию свойств нанокристаллических сплавов с применением современных экспериментальных методов изучения структуры и магнитных характеристик, выполненных на современном научном оборудовании, а также применение алгоритмов и методов математического моделирования с помощью современных программных комплексов, гарантируют достоверность и обоснованность полученных в работе выводов.

Диссертационная работа «Влияние элементов внедрения на структуру и магнитные свойства редкоземельных соединений с высоким содержанием железа» отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученых степеней, а ее автор, Болячкин А.С., безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений.

Зав. кафедрой физического материаловедения
НИТУ «МИСиС», к.ф.-м.н.

А.Г. Савченко

Тел. +7 (495) 955-01-33 e-mail: algsav@gmail.com
Специальность – 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

10 апреля 2019 г.

В.н.с. УНЛ магнитотвёрдых материалов
НИТУ «МИСиС», к.ф.-м.н.

В.П. Менушенков

Тел. +7 (916) 772-38-75 e-mail: menushenkov@gmail.com
Специальность – 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

10 апреля 2019 г.

Подписи Савченко А.Г. и Менушенкова В.П. заверяю,
Начальник отдела кадров НИТУ «МИСиС»



Савринова С.Ю.