

О Т З Ы В

официального оппонента о диссертационной работе Карпенкова Дмитрия Юрьевича «Влияние термических и механических воздействий на величину магнитокалорического эффекта в соединениях 3d- и 4f-металлов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.11 – Физика магнитных явлений

Актуальность темы исследования.

В настоящее время исследования магнитных материалов с магнитокалорическим эффектом (МКЭ), наблюдаемым при комнатной температуре, имеют большое значение из-за возможности использования их в качестве рабочих тел (теплообменников) новых эффективных твердотельных магнитных холодильников.

Однако современные холодильники до сих пор работают относительно медленно, несколько циклов намагничивания-размагничивания в секунду, хотя согласно теоретическим расчетам, оптимальная частота эксплуатации составляет сотни герц. Холодопроизводительность магнитного рефрижератора зависит от рабочей частоты и от количества и качества магнитного хладагента. Увеличение рабочей частоты на несколько порядков за счет оптимизации формы и размеров рабочего тела (теплообменника) является перспективным предложением, так как оно может привести к немедленному и резкому повышению холодопроизводительности.

При работе на высоких частотах необходимая быстрая передача тепла от хладагента может быть достигнута только благодаря сочетанию процесса эффективного теплообмена и оптимальной конструкции теплообменника. Самой современной геометрией рабочего тела магнитного холодильника

считается структура из тонких параллельных пластин или стержней толщиной 0,1–0,3 мм с зазорами 0,1 мм.

Однако формирование теплообменников из интерметаллических соединений, которые считаются лучшими на сегодня магнитокалорическими материалами, является сложной задачей из-за их эксплуатационных характеристик. К тому же невыясненным остается вопрос о влиянии термических и механических воздействий на материал при его адаптации к производству теплообменников. Поэтому для дальнейшего развития магнитных холодильных устройств необходимо найти простой и надежный способ производства лент, пластин или стержней, который бы обеспечит сохранение значений МКЭ хладагента при соблюдении требований к конструкции теплообменника.

Таким образом, тема диссертации является актуальной, как с точки зрения развития фундаментальных представлений о физической природе магнитных свойств нанокристаллических материалов, так и для создания эффективных теплообменников (рабочих тел) магнитных рефрижераторов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Основные положения, выносимые на защиту, а также выводы и рекомендации, сделанные по главам, основаны на тщательном анализе литературных источников (физики магнитных явлений, теплофизики, способов производства лент, пластин или стержней, конструкции теплообменников). Библиография включает значительную и основную часть публикаций в указанных областях.

Построение диссертации позволяет отследить всю последовательность рассуждений автора. Тема исследования связана с вопросами, лежащими в

нескольких областях знаний, таких как физика магнитных явлений и теплофизика. Соискатель провел довольно тщательный отбор материалов, позволивший ему обосновать предлагаемые им новые решения на основе известных положений указанных выше отраслей науки.

Все экспериментальные исследования выполнены автором на качественных аттестованных образцах, с использованием современных методов исследования, регистрации и обработки данных. Выводы и новые решения соискатель подтверждает результатами моделирования. Данные, иллюстрирующие эту часть работы, в диссертации представлены достаточно подробно.

Методика проведения эксперимента, методы получения и аттестации образцов, методики проведения магнитных измерений, оценка пригодности параметров описаны ясно, дополняются рекомендациями по детальным техническим решениям и соответствуют требованиям, предъявляемым к современным решениям в данной области.

Следует отметить последовательность и обоснованность ряда принципиальных этапов в изучении влияния различных термических и механических воздействий, используемых при создании эффективных теплообменников для твердотельных магнитных холодильников, на величину магнитокалорического эффекта в наиболее перспективных материалах:

- синтез и аттестация образцов соединений;
- подготовка образцов к производству на их основе теплообменников с заданной геометрией с использованием различных способов их изготовления: быстрой закалки из расплава путем двухвалковой прокатки и метода вакуумного литья, холодной прокатки и компактирования порошков в полимерном связующем;

- исследование влияния размерного фактора и структурного состояния на величину физических свойств (МКЭ, теплоемкости, теплопроводности, электросопротивления) полученных материалов.

Приведенные факты позволяют сделать вывод о достаточной степени обоснованности выводов и рекомендаций диссертации.

Достоверность основных экспериментальных положений работы следует из правильного выбора и детального описания методов получения и аттестации образцов, методики проведения экспериментальных измерений магнитных и транспортных свойств.

Довольно убедительно выглядят результаты, приведенные в третьей и четвертой главах, по исследованию влияния изменения структурного состояния при быстрой закалке на физические свойства наиболее перспективных материалов для магнитных холодильников, исследованию МКЭ полимерносвязанных порошковых образцов, исследованию транспортных свойств.

Таким образом, можно сделать вывод, что все экспериментальные результаты, вынесенные на защиту, имеют высокую степень достоверности.

Научная новизна результатов, представленных в диссертации, заключается в:

- проведенных прямым методом исследованиях полевых зависимостей изменения температуры при адиабатическом намагничивании $\Delta T_{ад}(H)$ для микро- и нанокристаллических образцов соединений систем R_2Fe_{17} ($R=Y$), $RFe_{11}Ti$ ($R=Tb, Gd, Ho$), RCo_2 ($R=Tb, Gd$), $Mn_{5-x}Fe_xGe_3$ ($x=0;1$);
- проведенных прямым методом измерениях МКЭ холоднокатаных лент гадолиния;

- установлении появления гигантской наведенной магнитокристаллической анизотропии в образцах гадолиния при холодной прокатке в ультразвуковом режиме; предложен способ восстановления магнитотепловых свойств лент гадолиния и метод производства на их основе теплообменников;
- предлагаемом методе создания пластинчатых теплообменников из порошковых образцов гидридов интерметаллических соединений системы $\text{La}(\text{Fe}, \text{Co}, \text{Mn})_{13-x}\text{Si}_x\text{H}$;
- установлении зависимости физических свойств полученных образцов (ΔS_M , $\Delta T_{\text{ад}}$, теплоемкости и теплопроводности) от размера частиц порошка, величины внешнего давления при компактировании и весового содержания полимерного связующего.

Значимость для практики результатов работы.

Практическая ценность работы состоит в том, что проведены систематические исследования структуры, магнитных, транспортных и магнитотепловых свойств образцов ряда перспективных для технологии магнитного охлаждения материалов, подвергнутых быстрой закалке путем двухвалковой прокатки и вакуумного всасывания. Предложен метод изготовления эффективных теплообменников для магнитных рефрижераторов на основе полученных нанокристаллических лент и стержней.

Апробация результатов и публикации.

Основные положения и результаты диссертации опубликованы в 26 печатных работ, из них 13 статей в изданиях из перечня ВАК, и неоднократно докладывались на всероссийских и международных конференциях.

Содержание автореферата полностью отражает основные идеи, методы и результаты, полученные в диссертации.

Замечания по диссертационной работе.

1. В третьей главе приводится описание теории Герцера усреднения по группам зерен констант магнитокристаллической анизотропии в быстрозакаленных образцах. Недостаточно обоснован анализ зависимости влияния изменения значений констант МКА на величину МКЭ.
2. В методе измерения теплопроводности погрешность, определяемая по эталонным образцам, сильно изменяется в зависимости от температуры (с. 59 рис. 2.10). В экспериментальных измерениях теплопроводности (с. 138 рис. 4.10 и с. 151 рис. 4.21) выбран диапазон температур, где погрешность измерения значительна – более 15%.
3. В диссертации решена многофакторная задача исследования зависимости МКЭ от способов изготовления, формы и размеров теплообменников. Прделан большой объем экспериментальных измерений на множестве образцов в широком диапазоне параметров. Однако отсутствует определение значимости каждого из факторов по степени влияния на МКЭ и соответствующее их ранжирование.
4. В четвертой части работы представлены результаты исследований транспортных свойств монокристаллов R_2Fe_{17} , а также проведен анализ механизмов, ответственных за аномальный эффект Холла при двух направлениях прикладываемого магнитного поля. Однако эти результаты не отражены в выводах работы.

Заключение.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки работы в целом.

По объему проведенных исследований и значимости полученных результатов диссертация является законченной работой. Актуальность рассмотренных задач, новизна и важность представленных результатов позволяют считать, что предлагаемая диссертационная работа соответствует требованиям и критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Карпенков Дмитрий Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений.

Официальный оппонент,
доктор физ.-мат. наук, профессор,
заведующий кафедрой Программное
обеспечение вычислительной техники
Тверского государственного
технического университета



Калабин
Александр Леонидович

9.12.2013

Подпись Калабин А. Л.
УДОСТОВЕРЯЮ
Ученый секретарь Совета
Тверского государственного
технического университета

