

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО «Челябинский
государственный университет»,

доктор психологических наук,
профессор

Д.А. Циринг

сентября 2018 г.

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Шишкина Дениса Александровича на тему: **«Магнитные и магнитотепловые свойства быстрозакаленных сплавов на основе редкоземельных металлов и на основе железа»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений.

Актуальность темы диссертации.

Диссертационная работа Д.А. Шишкина посвящена исследованию кристаллической структуры, магнитных и магнитотепловых свойств быстрозакаленных сплавов на основе редкоземельных металлов, а также некоторых сплавов на основе железа.

Интерметаллические соединения, обладающие магнитокалорическим эффектом (МКЭ), представляют не только чисто фундаментальный интерес, но и в случае высоких величин МКЭ могут быть использованы на практике в качестве материалов для создания новых охлаждающих устройств, работающих на использовании этого интересного физического эффекта. Наиболее перспективными материалами в этой области были и остаются на сегодняшний день интерметаллические соединения и твердые растворы на основе редкоземельных металлов (РЗМ). Обладая высоким магнитным моментом, который обеспечивает 4-*f* оболочка редкоземельных элементов, и возможностью варьирования температуры магнитных, метамагнитных или совмещенных магнитоструктурных фазовых переходов в широком диапазоне температур, эти материалы заслуженно вызывают интерес у исследователей.

Физические свойства материалов напрямую зависят от их микроструктуры. Одни и те же сплавы могут иметь принципиально разные свойства после

пластической деформации, обработки интенсивными потоками элементарных частиц или аморфизации материала закалкой из расплава. Однако в литературе, эти вопросы обозначены очень фрагментарно. В связи с этим, тема диссертационной работы Д.А. Шишкина представляется актуальной, а результаты имеют как научный, так и практический интерес.

Структура и содержание работы.

Диссертация Д.А. Шишкина состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, а также списка литературы. Во введении описана актуальность работы, сформулирована цель и задачи работы, обозначена методология и методы исследования, отмечены выносимые на защиту новые научные результаты, описана научная и практическая ценность работы, указан личный вклад соискателя. В первой главе представлен детальный и очень подробный литературный обзор. В ней описаны методы исследования магнитокалорического эффекта и основные факторы, определяющие его величину в соединениях и сплавах с магнитным упорядочением, магнитные и магнитотепловые свойства интерметаллических соединений и аморфных сплавов редкая земля – переходный металл, а также магнитотепловые свойства сплавов на основе железа, полученные спиннингованием из расплава.

Вторая глава диссертационного исследования посвящена описанию экспериментальных методик, использованных в работе.

В третьей, четвертой и пятой главах описаны оригинальные результаты исследования. В частности, третья глава посвящена изучению влияния сверхбыстрой закалки расплава на магнитное состояние и магнитокалорический эффект и физические свойства бинарных сплавов типа Gd_3T ($T = Fe, Co, Ni$). В четвертой главе приводятся результаты изучения влияния замещений на магнитные и магнитотепловые свойства аморфных квазибинарных сплавов $(R, R')-T$ ($R = Gd, Tb, Y; T=Ni, Co$) с большим содержанием РЗМ. В пятой главе диссертационного исследования приведены результаты изучения магнитотепловых свойств и термомеханической стабильности аморфных сплавов на основе железа.

Среди большого объема экспериментального материала, хотелось бы отметить следующие результаты, дающие весьма важную и полезную для дальнейших исследований информацию:

- установление факта, что аморфизация антиферромагнитного соединения Gd_3Ni приводит к существенному увеличению изотермического изменения магнитной части энтропии (до 8-9 раз) в полях до 2 Т. Тем самым показана

возможность улучшения магнитотепловых свойств антиферромагнитных материалов.

- установление факта, что в аморфизированных соединениях $(\text{Gd}_{1-x}\text{Tb}_x)_{12}\text{Co}_7$, при замещении гадолиния тербием величина магнитокалорического эффекта остается почти без изменений в широком диапазоне температур.

Достоверность полученных Д.А. Шишкиным результатов подтверждается использованием всесторонне аттестованных образцов и современного экспериментального оборудования и методик. Отмечу, что некоторые из методик являются уникальными, в частности методика измерения магнитных свойств в сверхвысоких магнитных полях. Результаты исследований, приведенные в диссертации, согласуются между собой и с существующими литературными данными.

Научную значимость несут полученные данные и интерпретация особенностей магнитных и магнитотепловых свойств быстрозакаленных сплавов на основе редкоземельных металлов и на основе железа.

Практическую значимость представляют полученные быстрой закалкой соединения $(\text{Gd}_{1-x}\text{Tb}_x)_{12}\text{Co}_7$, $(\text{Gd}_{1-x}\text{Tb}_x)_{75}\text{Co}_{25}$, демонстрирующие магнитокалорический эффект в широком температурном диапазоне (~ 100 К). С использованием такого рода материалов возможно, например, сжижение азота.

Публикации и апробирование результатов.

По теме диссертации в реферируемой международной печати автором опубликовано 7 статей, индексируемых Scopus и Web of science. Результаты проведенных исследований были представлены на научных симпозиумах, конференциях, школах и семинарах по тематике исследования и опубликованы в 22 тезисах докладов этих мероприятий. Диссертационная работа выполнена на высоком научном и методологическом уровне, отличается подробным изложением и глубоким анализом результатов. Следует отметить, что работа Д.А. Шишкина хорошо структурирована, все ее части логически связаны между собой, а полученные в диссертации результаты полностью соответствуют поставленной в работе цели и задачам. В целом, диссертация производит отличное впечатление и является **завершенным научным исследованием**. Содержание диссертации полностью **соответствует паспорту специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений**. Автореферат корректно передает содержание и результаты диссертации.

Вопросы и замечания по диссертационной работе.

Наряду с отмеченными достоинствами к проведенному соискателем диссертационному исследованию есть следующие комментарии и вопросы.

1. На стр. 15 констатируется, что «в настоящее время критерием эффективности охлаждения является так называемая относительная мощность охлаждения (RCP) или хладдоемкость (RC или q)», однако это не совсем так. Действительно эти параметры в литературе используются и определяют сколько может быть гипотетически передано тепла в идеальном цикле охлаждения, вместе с тем на практик все сложнее. Передача тепла в системе с большим значением этих параметров, но малой величиной самого магнитоклорического эффекта сталкивается с проблемой длительной температурной релаксации, что сводит на нет применение такого рода материалов. Поэтому классификация материалов только по такому параметру практического смысла не имеет.
2. При анализе дифрактограмм соединений $(Gd_{1-x}Tb_x)_3Co$ в п.4.1. обнаружены рефлексы, соответствующие фазе оксида гадолия Gd_2O_3 , вместе с тем фаза Tb_2O_3 не обнаружена, хотя присутствовать она должна (как минимум для больших значений x). Вместе с тем в п.4.2 на близких соединениях оксид тербия обнаруживался. С чем это связано?
3. С помощью методов высокоэнергетического размола и закалкой из расплава возможно, в обоих случаях, получение аморфизированного материала, но являются ли эти методы эквивалентными?
4. Некоторые ошибки оформительского плана:
Стр. 39. 7 строка снизу – заменить RMO на MRO.
Стр. 74. 5 строка сверху – рисунок 2 заменить на рисунок 3.5.
Стр. 89. Отсутствует часть подписи рис. 3.16.

Указанные замечания не являются принципиальными и не влияют на общую исключительно положительную оценку работы, ее научную и практическую значимость.

Общий вывод.

Диссертационная работа Дениса Александровича Шишкина «Магнитные и магнитотепловые свойства быстрозакаленных сплавов на основе редкоземельного металлов и на основе железа» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой получены новые результаты. По актуальности темы исследования, научной новизне, практической значимости и достоверности полученных результатов, обоснованности выводов и положений,

представленная, диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г., №842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Денис Александрович Шишкин, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений.

Таскаев Сергей Валерьевич,
доктор физ.-мат. наук, доцент
декан физического факультета
ФГБОУ ВО «Челябинский
государственный университет»
специальность 01.04.07 – Физика
конденсированного состояния
454001, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129
тел.: 8 (351) 799-71-19
e-mail: tsv@csu.ru


 С.В. Таскаев

«17» 09 2018 г.

Подпись Таскаева С.В. заверяю.

И.о. начальника отдела кадров

 Д.А. Стародубов


С оизвои ознакомен
/ Шишкин Д.А.
13.09.2018

Сведения об официальном оппоненте

ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич

Ученая степень, звание: доктор физ.-мат. наук, доцент, специальность 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Полное наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет»

Занимаемая должность: декан физического факультета

Почтовый адрес: 454001, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129, ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Телефон: (351) 799-71-19

E-mail: tsv@csu.ru

Публикации в сфере исследований, которым посвящена диссертация:

1. Zhukova V., Blanco J.M., Ipatov M., Churyukanova, M., Olivera, J., Taskaev S., Zhukov A. Optimization of high frequency magnetoimpedance effect of Fe-rich microwires by stress-annealing // *Intermetallics*. – 2018. – V. 94. – P. 92-98.
2. Taskaev S., Khovaylo V., Karpenkov D., Radulov I., Ulyanov M., Bataev D., Dyakonov A., Gunderov D., Skokov K., Gutfleisch O. Plastically deformed Gd-X (X= Y, In, Zr, Ga, B) solid solutions for magnetocaloric regenerator of parallel plate geometry // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2018. – V. 754. – P. 207-214.
3. Taskaev S., Skokov K., Khovaylo V., Ulyanov M., Bataev D., Karpenkov D., Radulov I., Dyakonov A., Gutfleisch O. Magnetocaloric Effect in Cold Rolled Foils of $Gd_{100-x}In_x$ (x= 0, 1, 3) // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2018. – V. 459. – P. 46-48.
4. Taskaev S., Skokov K., Karpenkov D., Khovaylo V., Ulyanov M., Bataev D., Dyakonov A., Fazlitdinova A., Gutfleisch O. The effect of plastic deformation on magnetic and magnetocaloric properties of Gd-B alloys // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2017. – V. 442. – P. 360-363.
5. Fayzullin R.R., Mashirov A.V., Buchelnikov V.D., Koledov V.V., Shavrov V.G., Taskaev S.V., Zhukov M.V. Direct and inverse magnetocaloric effect in $Ni_{1.81}Mn_{1.64}In_{0.55}$, $Ni_{1.73}Mn_{1.80}In_{0.47}$, and $Ni_{1.72}Mn_{1.51}In_{0.49}Co_{0.28}$ Heusler alloys // *Journal of Communications Technology and Electronics*. – 2016. – V. 61. – P. 1129-1138.
6. Aliev A.M., Batdalov A.B., Khanov L.N., Koledov V.V., Shavrov V.G., Tereshina I.S., Taskaev S.V. Magnetocaloric effect in some magnetic materials in alternating magnetic fields up to 22 Hz // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2016. – V. 676. – P. 601-605.
7. Taskaev S., Skokov K., Karpenkov D., Khovaylo V., Ulyanov M., Bataev D., Pellenen A., Fazlitdinova A. The Effect of Plastic Deformation on Magnetic and Magnetocaloric Properties of $Gd_{90}Ga_{10}$ Alloy // *Materials Science Forum*. – Trans Tech Publications. – 2016. – V. 845. – P. 56-60.

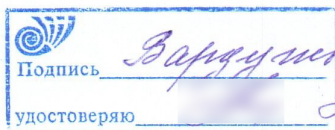
8. Taskaev S., Skokov K., Karpenkov D., Khovaylo V., Buchelnikov V., Zherebtsov D., Ulyanov M., Bataev D., Galimov D., Pellenen A. Magnetocaloric Properties of Cold Rolled $Gd_{100-x}Zr_x$ ($x = 0, 1, 2, 3$) Intermetallic Alloys // Solid State Phenomena. – Trans Tech Publications. – 2015. – V. 233. – P. 220-224.
9. Taskaev S.V., Kuz'Min M.D., Skokov K.P., Karpenkov D.Yu., Pellenen A.P., Buchelnikov V.D., Gutfleisch O. Giant induced anisotropy ruins the magnetocaloric effect in gadolinium // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2013. – V. 331. – P. 33-36.

Ученый секретарь
Ученого совета
ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Г.С. Вардугина

«19» сентября 2018 г.

М.П.



специалист по кадрам