

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.003.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ ИМЕНИ М.Н. МИХЕЕВА
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИФМ УрО РАН) ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНСТВА НАУЧНЫХ
ОРГАНИЗАЦИЙ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15.12.2017, № 22

О присуждении Белослудцевой Елене Сергеевне, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Микроструктура, термоупругие мартенситные превращения и свойства В2 сплавов на основе Ni-Mn» по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния принята к защите 05.10.2017, протокол № 17, диссертационным советом Д 004.003.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской Академии наук (ИФМ УрО РАН), Федеральное агентство научных организаций, 620990, Екатеринбург, ул.С.Ковалевской, 18, приказы Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012 и № 188/нк от 26.02.2015.

Соискатель Белослудцева Елена Сергеевна, 1987 года рождения, в 2011 году окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет им. первого Президента Б.Н. Ельцина» по специальности «Физика металлов», освоила программу подготовки научно-педагогических кадров в очной аспирантуре при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской Академии наук, год

окончания аспирантуры 2014, работает в должности научного сотрудника в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, Федеральное агентство научных организаций.

Диссертация выполнена в лаборатории цветных сплавов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, Федеральное агентство научных организаций.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Пушин Владимир Григорьевич, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория цветных сплавов, заведующий лабораторией.

Официальные оппоненты:

1. Шалаева Елизавета Викторовна, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории квантовой химии и спектроскопии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук.

2. Кащенко Михаил Петрович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования Уральского государственного лесотехнического университета дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН) в своем положительном заключении, подписанном Мейснер Людмилой Леонидовной, доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории материаловедения сплавов с памятью формы профессором, указала, что диссертационная работа Белослудцевой Е.С.

является «законченной научно-квалификационной работой, в которой получены важные теоретические и экспериментальные результаты. Диссертация имеет все необходимые разделы от постановки задачи, методов их решения до результатов расчетов и экспериментов, их анализа, выводов и заключения. Материалы работы представлены в большом числе публикаций. Автореферат диссертации и публикации полно и правильно отражают содержание работы. Диссертационное исследование Белослудцевой Е.С. соответствует пунктам 1 и 3 паспорта специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния. Диссертационная работа «Микроструктура, термоупругие мартенситные превращения и свойства В2 сплавов на основе Ni-Mn» соответствует всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор Белоелудцева Е.С. заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния».

Соискатель имеет 57 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 32 работы, из них статей, опубликованных в рецензируемых российских научных изданиях – 8, тезисов докладов в материалах всероссийских и международных конференций – 24. Общий объем научных изданий 15 печатных листов. Автором получены экспериментальные данные о структуре, фазовом составе, установлены закономерности структурно-фазовых превращений и формирования физических свойств, построены обобщенные диаграммы фазовых превращений сплавов квазибинарных разрезов NiMn – NiTi, NiMn – NiAl, NiMn – NiGa. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Высокотемпературный эффект памяти формы и термоупругое мартенситное превращение В2-L1₀ в интерметаллическом соединении NiMn / В.Г. Пушкин, Н.Н. Куранова, Е.Б. Марченкова, Е.С. Белослудцева, В.А. Казанцев, Н.И. Коуров // ЖТФ. – 2013. – Т. 83, № 6. – С.104 – 113.
2. Влияние легирования алюминием на структуру, фазовый состав и термоупругие мартенситные превращения в тройных сплавах Ni-Mn-Al /

- Е.С. Белослудцева, Н.Н. Куранова, Н.И. Коуров, В.Г. Пушин, В.Ю. Стукалов, А.Н. Укусников // ЖТФ. – 2015. – Т. 85. № 7. – С. 55 – 59.
3. Влияние легирования титаном на структуру, фазовый состав и термоупругие мартенситные превращения в тройных сплавах Ni-Mn-Ti / Е.С. Белослудцева, Н.Н. Куранова, Н.И. Коуров, В.Г. Пушин, А.Н. Укусников // ЖТФ. – 2015. – V. 85. – P. 71– 76.
 4. Магнитные и структурные фазовые переходы и степень тетрагональности термоупругого мартенсита в квазибинарных сплавах Гейслера $Ni_{2+x}Mn_{1-x}Ga$ // В.Г. Пушин, Н.И. Коуров, А.В. Королев, Е.Б. Марченкова, Н.Н. Куранова, Е.С. Белослудцева // ФТТ, 2015, Т. 57, вып. 1 – С. 43 – 46.
 5. Термоупругие мартенситные превращения в тройных сплавах $Ni_{50}Mn_{50-z}Ga_z$ / Белослудцева Е.С., Куранова Н.Н., Марченкова Е.Б., Попов А.Г., Пушин В.Г. // Письма в ЖТФ. – 2016. – Т. 42, №. 2. – С. 37 – 43.

На диссертацию и автореферат поступило 10 отзывов. Все отзывы положительные. В них отмечается актуальность темы диссертационной работы, научная новизна полученных результатов, их теоретическая и практическая значимость. Отзывы без замечаний поступили: от Коневой Нины Александровны, Заслуженного деятеля науки РФ, доктора физико-математических наук, профессора кафедры Физики ФГБОУ ВО «Томского государственного архитектурно-строительного университета», г. Томск, Клопотова Анатолия Анатольевича, доктора физико-математических наук, профессора кафедры «Прикладная механика и материаловедение» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», г. Томск, Прокошкина Сергея Дмитриевича, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника кафедры «Обработка металлов давлением» Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», Рубаника Василия Васильевича, доктора технических наук, член-корреспондента Национальной академии наук Беларуси, директора государственного научного учреждения «Институт технической акустики Национальной академии наук Беларуси»; Суриковой Натальи Сергеевны, доктора физико-математических наук, доцента, старшего научного сотрудника лаборатории физической мезомеханики и

неразрушающих методов контроля ФБГУН Института физики прочности и материаловедения СО РАН, Мирзаева Джалала Аминуловича, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника кафедры «Компьютерное моделирование и нанотехнологии» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ).

Замечания содержатся в следующих отзывах:

1. От Гундерова Дмитрия Валерьевича доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории физики твердого тела ФБГУН Института физики молекул и кристаллов Уфимского научного центра РАН, Чураковой Анны Александровны, кандидата физико-математических наук, научного сотрудника лаборатории физики твердого тела ФБГУН, Института физики молекул и кристаллов Уфимского научного центра РАН, г. Уфа.

Замечания: 1) не ясно, по какой методике был рассчитан теоретический ресурс обратимой деформации;

2) опечатка на стр. 16 «включая результаты, полученные методом дифференциальной сканирующей....».

2. От Илларионова Анатолия Геннадьевича, кандидата технических наук, доцента кафедры «Термообработка и физика металлов» ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

Замечание: На стр. 22 автореферата, исходя из данных таблицы 7, последняя в ней графа «сумма» представляет простое сложение значений в трех предыдущих столбцах, которые характеризуют определенные направления (векторы). Почему в данном случае не использовалось векторное сложение?

3. От Лоткова Александра Ивановича, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего лабораторией материаловедения сплавов с памятью формы ФБГУН Института физики прочности и материаловедения СО РАН, Жаповой Доржимы Юрьевны младшего научного сотрудника лаборатории материаловедения сплавов с памятью формы ФБГУН Института физики прочности и материаловедения СО РАН, к.ф.-м.н., г. Томск.

Замечание: 1) в оформлении автореферата имеет место небрежность (отсутствуют строчки текста в положениях на защиту, а при обсуждении научной новизны наблюдается дублирующий текст.

4. От Волкова Александра Евгеньевича, доктора физико-математических наук, профессора кафедры теории упругости ФГБОУ ВО Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург.

Замечания: 1) при описании новизны на с. 1, а затем на с.13 на основании данных об узком гистерезисе мартенситного превращения говорится о его высокой обратимости, однако не приводятся никаких количественных характеристик этой обратимости. Наличие довольно значительного (1.7%) объемного эффекта является серьезным препятствием для обратимости деформации заданной охлаждением при действии механического напряжения;

2) при упоминании об упорядоченности и типе упорядочения исследуемых сплавов не приведены данные о степени дальнего порядка и ее возможной зависимости от температуры;

3) имеются отдельные опечатки. Например, одна и та же строчка повторена дважды (с.20, 21).

5. От Ресниной Натальи Николаевны, доктора физико-математических наук, профессора кафедры теории общей математики и информатики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург.

Замечания: 1) автореферат очень небрежно оформлен. Например, при переходе от 4 страницы на пятую отсутствует часть текста, что препятствует пониманию смысла содержания первого и второго положений, выносимых на защит, потому что у первого что у второго положения нет окончания, а у второго - начала. Пропуски текста встречаются при переходе с 16 на 17 страницы, а при переходе с 20 на 21, напротив, текст повторяется дважды. В предложениях встречаются повторения, в таблицах – опечатки, например в таблице 1 в третьей строке указано значение 0, а должно быть 50, а в столбце «А_р» у четырехзначных чисел последняя цифра перенесена на следующую строку. В подписи к рисунку 12 не отмечен состав сплава. Большое число пропущенных пробелов;

2) в автореферате присутствуют термины, которые можно отнести к жаргону, например «высообратимый термоупругий характер, межкритический интервал температур, наклон петель гистерезиса, в преддверии мартенситных превращений»;

3) в автореферате встречаются предложения, смысл которых затруднен, например, «При нагреве $\rho(T)$ с характерными температурными гистерезисами изменяются в противоположную сторону»;

4) результаты, по которым можно было бы сделать вывод 8 в автореферате не представлены.

Выбор официальных оппонентов доктора физ.-мат. наук, профессора М.П. Кащенко и доктора хим. наук Е.В. Шалаевой, а также ведущей организации обосновывается публикациями оппонентов, тематикой структурного подразделения ведущей организации и публикациями доктора

физ.-мат. наук Л.Л. Мейснер относящимися к сфере исследований, которым посвящена диссертация.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. *Обнаружено*, что в трехкомпонентных сплавах Ni-Mn-Me (Me = Ti, Al, Ga) обратимое мартенситное превращение $B2 \rightarrow L1_0$ происходит с уменьшением удельного объема при охлаждении, величина которого при нагреве в процессе обратного превращения полностью восстанавливается, определены температуры начала и конца прямого и обратного мартенситного превращения в сплавах $Ni_{50}Mn_{50}$ и $Ni_{49}Mn_{51}$.
2. Впервые *построены* обобщенные диаграммы фазовых превращений в тройных сплавах квазибинарных разрезов NiMn – NiTi, NiMn-NiAl, NiMn – NiGa.
3. *Установлено*, что мартенсит всех сплавов имеет преимущественную пакетную морфологию в виде иерархии тонких пластинчатых и внутренне двойникованных кристаллов с плоскими границами габитусов. Сделан вывод, что системы двойникового сдвига мартенсита $\{111\} \langle 11\bar{2} \rangle_{ГЦТ}$ (или $\{101\} \langle 10\bar{1} \rangle_{ОЦТ}$) наследуют мягкую моду $B2$ -аустенита, а мартенситное превращение в изучаемых сплавах носит обратимый термоупругий характер.
4. Впервые *показано*, что в предмартенситном состоянии аустенит может быть охарактеризован ближним порядком атомных смещений по типу будущей мартенситной фазы в основном посредством коррелированных и сдвиговых смещений по системе $\{101\} \langle 10\bar{1} \rangle_{ОЦТ}$ с образованием наноразмерных сдвиговых структур.
5. *Показано*, что термоупругое мартенситное превращение $B2 \leftrightarrow L1_0$ для сплавов Ni-Mn происходит путем однородного сдвига атомов кристаллической решетки в направлении, параллельном $\langle 10\bar{1} \rangle$, по плоскости $\{101\}$ в базисе ОЦТ (или $\langle 11\bar{2} \rangle$ по плоскости $\{111\}$ базисе ГЦТ- $L1_0$), и установлены ориентационные соотношения, отличные от принятых ранее для этих сплавов ориентационных соотношений Бейна.
6. *Обнаружено*, что тройные квазибинарные сплавы $Ni_{50}Mn_{50-x}Ti_x$ при $x > 15$ в процессе кристаллизации испытывают распад с выделением длиннопериодных упорядоченных трехкомпонентных фаз на основе Ni-Mn-Ti, обогащенных никелем от 53 до 59 ат. %. В сплавах $Ni_{50}Mn_{50-y}Al_y$ и $Ni_{50}Mn_{50-z}Ga_z$ во всем интервале исследованных составов распад не был

обнаружен.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: установленные в работе концентрационные и температурные зависимости фазовых переходов в исследуемых сплавах закладывают основы для дальнейшего теоретического исследования и практического применения таких материалов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: полученные результаты по исследованию их микроструктуры и свойств дают возможность использовать данные сплавы для разработки различных конструктивных элементов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- *экспериментальные результаты* получены с помощью различных современных взаимодополняющих методик аттестации их структурного состояния, химического и фазового состава и свойств; они не противоречат имеющимся в литературе данным;
- *выводы работы* не имеют принципиальных расхождений с имеющимися экспериментальными и теоретическими данными других исследователей;
- *теоретические результаты* построения диаграмм фазовых превращений и расчеты кристаллогеометрических параметров мартенситного превращения основаны на экспериментальных данных, полученных диссертантом, и не противоречат современным научным представлениям о магнитных свойствах плёночных магнитных систем.

Личный вклад соискателя состоит в формулировке цели и задач исследования, планировании и проведении экспериментальных исследований с использованием рентгеноструктурного анализа, просвечивающей и растровой электронной микроскопии, анализе полученных результатов, в написании научных работ и обсуждении их результатов на всероссийских и международных конференциях.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной научной задачи установления

закономерностей структурно-фазовых превращений и построения обобщенных диаграмм фазовых превращений сплавов квазибинарных разрезов NiMn – NiTi, NiMn – NiAl, NiMn – NiGa и соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней» в редакции, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями от 21.04.2016 г. № 335.

На заседании 15.12.2017 года диссертационный совет принял решение присудить Белослудцевой Елене Сергеевне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, 6 докторов наук по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений, 7 докторов наук по специальности 05.16.01 - Металловедение и термическая обработка металлов, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту - нет, проголосовали: за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель заседания
диссертационного совета
академик РАН

В.В. Устинов

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор физ.-мат. наук

Т.Б. Чарикова

15 декабря 2017 г.