

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 217.035.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ  
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ИМ. И.П. БАРДИНА» МИНИСТЕРСТВА  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 11 октября 2017 г. № 3.2

О присуждении Томчуку Александру Александровичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

**Диссертация** «Закономерности формирования структуры и свойств в сплаве FeNi при мегапластической деформации кручением под высоким квазигидростатическим давлением» по специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния» принята к защите 6 июля 2017 г., протокол № 3.1, диссертационным советом Д 217.035.01 на базе Федерального государственного унитарного предприятия Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, по адресу: 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2, в соответствии с приказом № 105/нк от 11.04.2012 г. и частичное изменение № 194/нк от 22.04.2013 г.

**Соискатель** Томчук Александр Александрович 1988 года рождения (г. Ивантеевка, Моск. обл.), в 2011 году окончил магистратуру «Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана» (г. Москва), по направлению «Техническая физика», специализация «Оптическая физика и квантовая электроника». В 2015 году окончил очную аспирантуру ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» по специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния». **Справка об обучении** в аспирантуре и сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2016 г. аспирантурой ФГУП

«ЦНИИчермет им. И.П. Бардина». Экзамены по истории и философии науки (физико-математические науки), иностранному языку (английский язык) и по специальности «Физика конденсированного состояния» сданы на отлично.

С 19.10.2011 по 01.02.2017 работал младшим научным сотрудником, а с 01.02.2017 работает научным сотрудником лаборатории новых высокопрочных сплавов (МФ-4) в «Институте металловедения и физики металлов им. Г.В. Курдюмова» Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно - исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории МФ-4 «Новых высокопрочных сплавов», «Института металловедения и физики металлов им. Курдюмова» Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно - исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

**Научный руководитель** - доктор физико-математических наук, профессор Глезер Александр Маркович, Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», «Институт металловедения и физики металлов им. Г.В. Курдюмова», директор института.

**Официальные оппоненты:**

**Гундеров Дмитрий Валерьевич**, доктор физико - математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики молекул и кристаллов» Уфимского научного центра Российской академии наук, лаборатории физики твёрдого тела, ведущий научный сотрудник;

**Столяров Владимир Владимирович**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» Российской академии

наук, лаборатория узлов трения для экстремальных условий, главный научный сотрудник

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Москва, в своём **положительном заключении**, подписанном Симаковым Сергеем Васильевичем, д.ф.-м.н., членом секции Учёного Совета, заместителем директора ИМЕТ РАН, **указала, что научная новизна и значимость работы определяется** получением ряда оригинальных и интересных научных результатов, важных для понимания структурных механизмов процесса больших пластических деформаций в камере Бриджмена и физической природы, формирующихся при этом магнитных и механических свойств.

**Практическая ценность работы заключается** в том, что убедительно показано, что обработка в камере Бриджмена промышленного сплава 50Н может приводить к значимому росту значения удельной намагниченности насыщения и потенциально расширить области его практического применения в качестве функционального материала.

**Соискатель** имеет 9 опубликованных работ по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ при Минобрнауки России.

Научные публикации посвящены обработке чистого железа в камере Бриджмена деформацией кручения в одном и в различных направлениях; Происхождению и закономерностям формирования высокоугловых границ зёрен в металлах, подвергнутых мегапластической деформации; Влиянию больших пластических деформаций на магнитные свойства сплава FeNi; Релаксационным процессам в сплаве FeNi, протекающим при мегапластической деформации; Эволюции структуры и механических свойств при отжиге сплава FeNi после предварительной мегапластической деформации в камере Бриджмена.

**Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

1. Глезер, А.М. Влияние дробности и направления деформации кручением в камере Бриджмена на структуру и механические свойства технически чистого железа / А.М.Глезер, **А.А.Томчук**, Т.В.Рассади́на. // Деформация и разрушение материалов. – 2014. – №4. – С.15– 20.
2. Glezer, A.M. “Two – phase” model of the structure formed upon sever plastic deformation in  $\alpha$  – Fe and FeNi alloy / A.M.Glezer, **A.A.Tomchuk**, R.V.Sundeev, M.V.Gorshenkov // Materials Letters. – 2015. – V. 161. – P. 360 – 364.
3. Глезер, А.М. Влияние больших пластических деформаций на магнитные свойства сплава FeNi. / А.М.Глезер, **А.А.Томчук**, А.Г.Савченко, В.В.Коровушкин, И.В.Щетинин // Известия РАН. Серия физическая. – 2016. – Т. 80. – №8. – С. 1112 – 1117.

На автореферат поступило 18 **положительных** отзывов, из них 10 с замечаниями. Во всех отзывах отмечена актуальность темы диссертационной работы, направленной на изучение закономерностей формирования структуры и свойств в сплаве FeNi, подвергнутом мегапластической деформации кручения в камере Бриджмена под высоким квазигидростатическим давлением. Предложена универсальная модель «двухфазной смеси», которая состоит из деформационных фрагментов и динамически рекристаллизованных зёрен, а также методика разделения зёрен деформационного и рекристаллизационного происхождения (**ИФМ УрО РАН, НИЯУ МИФИ, Сам.НИУ, ТГУ, СибГИУ, ВГПУ, ТГАСУ, ТулГУ, "Прометей", БелГу**); Выявлено, что основной причиной возникновения высокоугловых границ зёрен на стадии мегапластической деформации является низкотемпературная динамическая рекристаллизация (**ИФМ УрО РАН, ИФПМ СО РАН, ФТИ**); Выявлены и систематизированы релаксационные процессы, происходящие под действием больших пластических деформаций в сплаве FeNi. Показано, что основным фактором релаксации упругой энергии является низкотемпературная динамическая рекристаллизация (**ИФПМ СО РАН, ИФТТ РАН, НИЯУ МИФИ,**

**Сам.НИУ, ТГУ);** Показано, что термодинамическая устойчивость сплава после определённых режимов деформации не только не снижается относительно менее деформированного состояния, но даже несколько возрастает (**ИФТТ РАН, ТГУ);** Впервые экспериментально обнаружены эффекты упорядочения и ближнего расслоения в сплаве FeNi, подвергнутом большим пластическим деформациям (**ИФМ УрО РАН, ИФТТ РАН, Сам.НИУ, ТГУ, ТГАСУ, ТулГУ);** Обнаружено повышение коэрцитивной силы и удельной намагниченности насыщения сплава FeNi на стадии мегапластических деформаций (**ИФМ УрО РАН, НИЯУ МИФИ, Сам.НИУ, ТГУ, ВГПУ, "Прометей");** Проведены исследования дробных деформаций железа и выявлено разнонаправленное влияние деформации в одном и в различных направлениях (**ИФМ УрО РАН, ТГУ, ВГПУ, "Прометей");** Обнаружено принципиальное отличие процесса рекристаллизации образцов FeNi при отжиге, прошедших мегапластическую деформацию, от процесса рекристаллизации в образцах после макропластической деформации (**ИФТТ РАН, НИЯУ МИФИ, ТГУ, БелГу).**

#### **Краткий перечень замечаний:**

Не ясно, проводилась ли оценка плотности дислокаций во фрагментах, представляет интерес проследить изменение магнитных свойств сплава после термической обработки. Термин "двухфазная смесь" представляется не совсем удачным. Повышение коэрцитивной силы в магнитно-мягком сплаве полезным назвать нельзя (**ИФМ УрО РАН).** Нет ясных критериев разделения деформационных фрагментов и рекристаллизованных зёрен (**ИФПМ СО РАН).** Полезно представить некоторые параметры материалов не как функцию числа оборотов, а как функцию истинной деформации (**ФТИ).** Процесс повышения доли высокоугловых границ может быть связан с динамическими фазовыми превращениями. В автореферате слишком большое количество положений, выносимых на защиту (**НИЯУ МИФИ).** В материале автореферата отсутствует предположение, что процесс кластеризации сплава FeNi является дополнительным каналом диссипации

упругой энергии (**Сам.НИУ**). В тексте автореферата не приведён объём массива данных для построения гистограмм распределения, не обоснован выбор нормального распределения. В работе исследован один сплав и распространять полученные закономерности на все однофазные сплавы Fe-Ni вряд ли возможно (**ТулГУ**). Утверждение о влиянии обменных процессов и искажений решётки на индукцию насыщения сплава 50Н представляется дискуссионным ("**Прометей**"). В автореферате отсутствует информация о том, проводились ли измерения температуры образца или численные оценки этого параметра в ходе деформации (**БелГУ**).

**Во всех отзывах отмечено, что получен большой объём экспериментальных и теоретических данных, что подтверждается достоверностью результатов.**

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:**

**Гундеров Дмитрий Валерьевич** - ведущий специалист в области физического материаловедения, интенсивной пластической деформации (ИПД), структурно-фазовых превращений при ИПД, процессов аморфизации – рекристаллизации при ИПД, микроструктуры и свойств наноструктурных материалов, магнитотвердых материалов NdPr-Fe-B, сплавов TiNi с эффектом памяти формы, наноструктурного титана для медицинских имплантатов. Автор 150 публикаций (2 монографии).

**Столяров Владимир Владимирович** - ведущий специалист в области электропластического эффекта, больших пластических деформаций и деформационного поведения сплава TiNi, автор 370 публикаций 1 учебное пособие.

**Ведущая организация** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «**Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук**», г. Москва, является крупным научным центром, проводящем фундаментальные и прикладные научных исследования в области металлургии и материаловедения. Основными направлениями научной деятельности Института являются: физико-

механические основы металлургии цветных и редких металлов, металловедение цветных и лёгких металлов, пластическая деформация металлических материалов, конструкционные стали и сплавы, физикохимия аморфных и нанокристаллических сплавов, прочность и пластичность металлических и композиционных материалов и наноматериалов.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 217.035.01 по работе Томчука А.А.**

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**Предложен способ** разделения зёрен деформационного происхождения (фрагменты) и рекристаллизационного происхождения в металлах и сплавах после мегапластической деформации при комнатной температуре, основанный на анализе статистических распределений структурных элементов по размерам и углам разориентировки их границ.

**Выявлен** разнонаправленный характер влияния дробных реверсивных и дробных неревверсивных деформаций на структуру и уровень внутренних микронапряжений в технически чистом железе. В частности установлено, что неревверсивная деформация снижает уровень внутренних микронапряжений в материале, а реверсивная - их повышает.

**Установлена** причина (низкотемпературная динамическая рекристаллизация) образования в структуре материала в ходе мегапластических деформаций большой объемной плотности высокоугловых границ зерен.

**Установлено** одновременное повышение значений коэрцитивной силы и удельной намагниченности насыщения сплава FeNi, при достижении определённых величин деформации (деформация свыше 1 оборота).

**Исследована** эволюция тонкой атомной структуры сплава FeNi при возрастании величины мегапластической деформации, впервые выявлены эффекты ближнего упорядочения и расслоения после столь значительных деформаций.

**Исследована** эволюция структуры и механических свойств сплава FeNi, подвергнутого термическим воздействиям, после деформационной обработки в камере Бриджмена.

**Теоретическая значимость работы обусловлена тем, что**

**Предложена** универсальная модель «двухфазной смеси», описывающая структурообразование при мегапластической деформации  $\alpha$ -Fe и FeNi как совокупность процессов деформационной фрагментации и низкотемпературной динамической рекристаллизации.

**Предложено** три фактора (фактор высокого квазигидростатического давления, фактор протекания внутрифазовых превращений в твердом растворе Fe-Ni, фактор релаксации упругой энергии), определяющих степень протекания динамических релаксационных процессов в сплаве FeNi, на стадии мегапластических деформаций.

**Установлено**, что основным фактором релаксации упругой энергии, при мегапластической деформации сплава FeNi, является низкотемпературная динамическая рекристаллизация, активно протекающая при комнатной температуре и закритических значениях пластической деформации.

**Установлено**, что термодинамическая устойчивость сплава FeNi, после определенных режимов МПД, не только не снижается относительно менее деформированного состояния, но даже несколько возрастает.

**Выдвинута** гипотеза, объясняющая наблюдаемые изменения магнитных свойств сплава FeNi после деформации в камере Бриджмена, в частности повышение значений удельной намагниченности насыщения. Повышение намагниченности насыщения является следствием эффектов ближнего упорядочения в первой координационной сфере и изменения межатомного расстояния.



**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** определяется возможностью получения магнитных материалов, сочетающих в себе уникальные механические и магнитные свойства, что может иметь большое значение для приборостроения. Проведённые исследования по влиянию мегапластических деформаций и последеформационных отжигов, позволят предсказывать термическую и временную стабильность материалов, подвергнутых сильным деформационным обработкам.

**Оценка достоверности результатов исследований:** результаты получены благодаря применению целого комплекса высокоэффективных методов исследования структуры, механических, магнитных и др. свойств, на основе большого количества измерений. В работе проведена грамотная статистическая обработка результатов, выполнен расчёт погрешностей и доверительных вероятностей, при этом результаты применения одних методов подтверждаются или коррелируют с результатами, полученными другими методами исследования.

**Методология и методы исследования:**

Методология работы заключается в комплексном и системном подходе к изучению научной проблемы, грамотном анализе результатов и их обосновании. Все данные были получены высокоэффективными, аттестованными методами исследований (просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, измерение механических, магнитных, термодинамических свойств), на основе большой статистики. В работе произведено всестороннее сравнение данных о структуре и свойствах рассмотренного материала, а также предложены модели, описывающие наблюдаемые закономерности формирования структуры и свойств.

**Личный вклад соискателя состоит в том,** что он самостоятельно проводил эксперименты по деформированию, исследования методами просвечивающей и растровой электронной микроскопии, а также измерения

механических и магнитных свойств. Автор непосредственно участвовал в исследованиях методами мёссбауэровской спектроскопии и рентгеноструктурного анализа. Соискатель проводил обработку и анализ результатов, планирование экспериментов, анализ литературных источников, написание статей и текста диссертации.

**Диссертация** является законченной квалификационной работой, в которой **решена научная задача** - установлены закономерности формирования тонкой атомной структуры, зёрненной структуры, термодинамических параметров, а также механических и магнитных свойств в промышленном магнитно-мягком эквИАтомном сплаве FeNi (50Н), подвергнутом различным величинам мегапластической деформации кручения под высоким давлением в камере Бриджмена, и соответствует критериям п.п. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013.

**Диссертационная работа** по своим цели, задачам, содержанию, методам исследования и полученным результатам соответствует профилю диссертационного совета Д 217.035.01 и соответствует следующим пунктам паспорта специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния» (физико-математические науки):

1. Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их сплавов, неорганических и органических соединений, диэлектриков и в том числе материалов световодов как в твердом, так и в аморфном состоянии в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления.

3. Изучение экстремального состояния конденсированных веществ (сильное сжатие, ударные воздействия, изменение гравитационных полей, низкие температуры), фазовых переходов в них и их фазовые диаграммы состояния.

**Во всех отзывах отмечено**, что в ходе проведения исследований автор выполнил большой объём работы, а также получил и большой объём

экспериментальных и теоретических данных, что позволяет не сомневаться в достоверности полученных результатов.

Оценивая в целом диссертационную работу Александра Александровича работа соответствует пунктам 9 – 14 «Положения о порядке присуждения учёной степени кандидата физико - математических наук» по специальности 01.04.07.

На заседании 11 октября 2017г. диссертационный совет принял решение присудить Томчуку А.А. ученую степень кандидата физико-математических наук (протокол №3.2).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 11 докторов наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния» (физико-математические науки – 7, технические науки – 4) и 7 докторов наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» (технические науки), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 18, «против» – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председательствующий  
диссертационного совета,  
д.т.н., профессор

  
 Г.А. Филиппов

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
д.т.н., с.н.с.

 Н.М. Александрова

Дата оформления заключения: 12. 10. 2017г