

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 217.035.01,
СОЗДАННОГО 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 ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28 ноября 2018 г. № 3.2

О присуждении **Жевненко** Сергею Николаевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Поверхностная энергия и фазовые переходы на поверхностях в двухкомпонентных системах на основе металлов подгруппы меди» по специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния» принята к защите **5 июля 2018 г.**, протокол № 3.1, диссертационным советом Д 217.035.01, созданным 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 частичным изменением № 194/нк от 22.04.2013 г.

Соискатель, Жевненко Сергей Николаевич, 1982 года рождения. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 на тему «Поверхностное натяжение свободной поверхности и границ зерен в системах на основе меди» (диплом о присуждении степени серии ДКН № 068331) защитил в 2008 г., в диссертационном совете, созданном на базе Государственного технологического университета «Московский институт стали и сплавов».

Работает доцентом на кафедре физической химии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

профессионального образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» с 2008 года по настоящее время.

Диссертация выполнена на кафедре физической химии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный консультант – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник **Страумал Борис Борисович** работает в должности врио председателя Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Научный центр Российской академии наук в Черноголовке» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

АЛЕШИН Андрей Николаевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории «Фундаментальных исследований низко-размерных электронных систем в наногетероструктурах соединений АЗВ5» ФГАНУ Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники им. В.Г. Мокерова РАН;

АЛЫМОВ Михаил Иванович, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, директор Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН;

ЕНИКЕЕВ Нариман Айратович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, руководитель сектора «Моделирование объёмных наноматериалов» Института физики перспективных материалов ФГБОУ "Уфимский государственный авиационный технический университет"

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 отзыве**, подписанном Белоусовым Валерием Васильевичем, д.ф.-м.н.,

заведующим лаборатории № 31 ИМЕТ РАН, **указала**, что в диссертационной работе С. Н. Жевненко решены важные задачи: установлены поверхностные фазовые переходы в двухкомпонентных металлических системах на основе меди; развиты экспериментальные методы измерения поверхностного натяжения и коэффициента вязкости в металлах; получены температурные и концентрационные зависимости поверхностного натяжения и коэффициента вязкости.

Соискатель имеет 41 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации опубликовано 34 научные работы, из них **8** статей, которые включены в перечень российских рецензируемых изданий и 27 статей в научных изданиях, вошедших в наукометрические базы данных Scopus и WoS. 10 работ опубликованы в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов; 2 патента.

Научные публикации посвящены изучению поверхностной энергии твердых растворов, скорости диффузионной ползучести, поверхностным фазовым переходам и описаны методы изучения поверхностей. Публикации корректно отражают содержание диссертации.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Жевненко С. Н., Гершман Е. И. Метод измерения поверхностного натяжения границы раздела «твердое-газ» «insitu» // Физика металлов и металловедение. 2010. т. 110. № 1. с. 1-7
2. Zhevnenko S. Interfacial Free Energy of Cu – Co solid solutions // Metallurgical and Materials Transactions A. 2013. v. 44. № 6. p. 2533-2538
3. Zhevnenko S. Diffusional creep in Cu–Fe solid solutions // Journal of Alloys and Compounds. 2014. v. 586. p. S210-S213
4. Zhevnenko S. Surface Free Energy of Copper-Based Solid Solutions // The Journal of Physical Chemistry C. 2015. v.119. p.2566–2571
5. Zhevnenko S.N., Khayrullin A. K. Interfacial Free Energy and Viscosity of Cu(Ag) Solid Solutions // The Journal of Physical Chemistry C. 2016. v. 120. p.14082–14087

6. Zhevnenko S.N., Chernyshikhin S.V. Surface phase transitions in cu-based solid solutions // Applied Surface Science. 2017. v. 421. Part A. p. 77-81

На автореферат поступило 12 **положительных** отзывов, 7 содержат замечания. Во всех отзывах отмечена актуальность работы, большое количество новых экспериментальных данных, оригинальность разработанных методов. Показано совмещение измерений поверхностной энергии и диффузионной ползучести, что позволяет сформулировать новое направление в теории поверхностных явлений. Отмечена новизна обнаруженных фазовых переходов на поверхностях в твердых растворах Cu(Co), Cu(Fe), Cu(Ag). Разработанные оригинальные методы исследований границ зерен имеют существенное практическое значение. Вынесенные на защиту положения обоснованы, подтверждены соответствующими публикациями.

Замечания на автореферат: ряд специалистов отмечает опiski в автореферате, отсутствие на некоторых графиках погрешностей, использование несистемных единиц (ИФПМ УГАТУ, ИФХЭ РАН, ИФМ УрОРАН, ФТИ НАН Беларуси). **Петелин А.Л.** (НИТУ "МИСиС") указывает на то, что возможны и другие причины замедления зернограничной диффузии на поверхностях с частицами. **Смирнов А.Н.** (МГТУ им. Г.И. Носова) не находит обоснования варьирования параметра взаимодействия. **Головин Ю.И.** (ТГУ им. Г.Р. Державина») и **Попов В.В.** (ИФМ УрОРАН) отмечают несколько формальные и недостаточные содержательные формулировки в разделе «положения, выносимые на защиту». **Коротичкий А.В.** (НИТУ МИСИС) предлагает учитывать перераспределение внутренних напряжений в исследуемом материале в ходе отдельных актов пластической деформации. **Попов В.В.** (ИФМ УрОРАН) не обнаружил в автореферате, как нагрузка при ползучести пересчитывалась в поверхностную энергию и ему непонятно, на основании чего автор уверен, что у него реализовывалась диффузионная ползучесть Кобла. Ему непонятно из автореферата, что подразумевается под термином «эффективный коэффициент диффузии»

сплава». **Кузей А.М.** (ФТИ НАН Беларуси) отмечает, что не приведены толщины фольг, не показано отсутствие частиц выделившихся фаз в глубине фольг вне границ зерен.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

АЛЕШИН Андрей Николаевич - ведущий специалист в области границ зерен, тонких пленок, внешних и внутренних поверхностей твердых тел. Исследовал специальные границы зерен в металлах, зависимости коэффициентов диффузии от ориентации. Моделирует напряженное состояние в тонких слоях (пленках). Автор более 60 публикаций.

АЛЫМОВ Михаил Иванович - ведущий специалист в области физического материаловедения, порошковых материалов, материалов с развитой поверхностью. Исследовал процессы спекания, структурного состояния внутренних поверхностей. Автор более 300 публикаций.

ЕНИКЕЕВ Нариман Айратович - ведущий специалист в области физики металлов, исследования границ зерен, рекристаллизации, интенсивной пластической деформации (ИПД), структурно-фазовых превращений при ИПД. Автор более 100 публикаций.

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, 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.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: прямыми методами **обнаружены** фазовые переходы на поверхностях в твердых растворах Cu[Co], Cu[Fe], Cu[Ag]. Измерения коэффициентов вязкости подтверждают скачкообразное изменение кинетических свойств границ зерен: коэффициент вязкости и энергия активации ползучести при температуре фазового перехода меняются скачком. В системах перитектического типа Cu[Co], Cu[Fe] фазовый переход состоит в образовании ансамбля твердых частиц. В системе Cu[Ag] фазовые переходы соответствуют формированию монослоя серебра, а при концентрациях близких к пределу растворимости, формированию равновесного жидкого слоя;

разработаны концепция, объясняющая особенности (максимумы, минимумы) на изотермах поверхностной энергии твердых растворов замещения, скачки на температурных зависимостях коэффициентов вязкости и модель, описывающая влияние растворенных компонентов на поверхностную энергию и коэффициент вязкости в зависимости от концентрации и вида примеси;

сделано заключение о связи макроскопических механических свойств, таких как скорость диффузионной ползучести и скорость гетеродиффузии с поверхностной энергией твердого раствора и поверхностной активностью растворенных компонентов;

доказана возможность значительного повышения поверхностной энергии и скорости диффузионной ползучести твердых растворов путем введения примесей определенной концентрации, что может быть применено на практике;

введено положение об основополагающей роли типа взаимодействия компонентов твердого раствора в объеме и на поверхности для вида изотермы поверхностной энергии (растущая, падающая) и положение о главной роли линейных поверхностных дефектов и их взаимодействия с примесями на скорость диффузионной ползучести.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения о: влиянии компонентов с различным отклонением от идеальности и различной энтальпией смешения на поверхностную энергию границ раздела;

о взаимосвязи между размером атомов растворенного вещества и его поверхностной активностью;

о взаимосвязи между ползучестью, контролируемой процессами на поверхностях, и концентрацией второго компонента, а также поверхностными фазовыми переходами

Применительно к проблематике диссертации: результативно (с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс базовых методов исследований морфологических, химических и фазовых характеристик поверхностей, применены оптическая и сканирующая электронная микроскопии, атомно-силовая микроскопия, магнитно-силовая микроскопия, а также развитый в работе метод *in situ* обнаружения фазовых превращений на поверхностях в твердых растворах Cu(Fe), Cu(Co), Cu(Ag) путем измерения поверхностной энергии и ее температурной зависимости;

изложены аргументы, свидетельствующие об образовании ансамблей стабильных наноразмерных частиц на поверхностях раздела (внешних поверхностях и границах зерен, в системах Cu(Fe), Cu(Co)) и об образовании стабильных жидких наноразмерных пленок (в системе Cu(Ag));

раскрыты общие и частные закономерности влияния типа примеси замещения на концентрационную зависимость поверхностной энергии и скорости диффузионной ползучести;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: **разработаны** прямые методы исследования внешних и внутренних поверхностей твердых растворов, в частности прямой метод измерения поверхностной энергии и метод формирования зернограничного хрупкого излома для прямых спектроскопических исследований структуры и состава поверхности сплавов на основе меди, не склонных к зернограничной хрупкости;

определены перспективы практического использования полученных данных для разработки материалов с повышенными механическими свойствами (низкой скоростью диффузионной ползучести);

создана база экспериментальных данных, позволяющая моделировать поверхностные явления в изученных системах, опираясь на фундаментальную характеристику -поверхностную энергию; выделены и систематизированы данные по диффузионной ползучести в двухкомпонентных твердых растворах;

представлены аргументы в пользу возможности перенесения развитых для твердых растворов на основе меди модельных представлений о влиянии примесей замещения на поверхностную энергию на более широкий класс твердых растворов.

Другие научные достижения: обнаружено, что тип фазовой диаграммы определяет характер взаимодействия компонентов твердого раствора на поверхности и вид изотерм поверхностной энергии; впервые обнаружен рост поверхностной энергии при добавлении второго компонента; обнаружено отсутствие опережающей диффузии второго компонента по границам зерен в системах с растущей изотермой поверхностной энергии.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: экспериментальные данные получены на сертифицированном оборудовании, показана воспроизводимость результатов на разных металлах и в различных экспериментальных условиях;

теория построена на современных представлениях о поверхностных явлениях в твердых телах и согласуется с опубликованными экспериментальными данными других исследователей;

выводы настоящей работы базируется на анализе и обобщении экспериментальных данных с привлечением теоретических представлений о влиянии растворенных компонентов на поверхностную энергию твердых растворов с различными концентрациями компонентов;

установлено качественное совпадение авторских результатов с данными, полученными и опубликованными ранее другими исследователями;

использованы современные методики сбора и обработки экспериментальных данных, в том числе апробированное программное обеспечение, поставляемое в комплекте с оборудованием.

Личный вклад соискателя состоит в постановке целей и задач исследования, выборе методов решения поставленных задач, непосредственном личном участии в проведении экспериментов, анализе, обобщении и интерпретации результатов исследований, формулировке выводов и положений, выносимых на защиту, подготовке совместных и единоличных публикаций.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается последовательным выполнением всех пунктов плана исследования (решением всех поставленных задач), непротиворечивостью развитых модельных представлений экспериментальным данным (полученным автором и другими исследователями), логичностью и взаимосвязью выводов.

Диссертация соответствует критериям п.п. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой обнаружены фазовые переходы на поверхностях твердых растворов Cu(Fe), Cu(Co), Cu(Ag); установлены закономерности влияния вида и количества растворенного компонента твердого раствора на поверхностную энергию и скорость диффузионной ползучести; выявлена физическая природа фазовых переходов на поверхностях твердых растворов. Это квалифицируется как решение важной научной проблемы в области физики конденсированных сред.

На заседании 28 ноября 2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Жевненко С. Н. ученую степень доктора физико-математических наук (протокол № 3.2).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 9 докторов наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния» (физико-математические науки – 6, технические науки – 3) и 9 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» – 16, «против» – 1, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета,
д.ф.-м.н., профессор



А.М. Глезер

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

Н.М. Александрова

Н.М. Александрова

Дата оформления заключения: 5.12.2018г.