

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) МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 11.12.2020, № 9

О присуждении Свириду Алексею Эдуардовичу, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Структура, фазовые превращения и свойства эвтектоидных β -сплавов на медной основе с эффектом памяти формы» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния принята к защите 30.09.2020, протокол № 6, 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), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 620108, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18, приказы Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012 и № 188/нк от 26.02.2015.

Соискатель Свирид Алексей Эдуардович, 1991 года рождения, в 2015 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет им. первого Президента Б.Н. Ельцина» по специальности «Физика металлов». Свирид А.Э. освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в очной аспирантуре при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте

физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, год окончания аспирантуры 2019, работает в должности младшего научного сотрудника в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории цветных сплавов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико–математических наук, профессор, Пушин Владимир Григорьевич работает главным научным сотрудником лабораторией цветных сплавов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

- 1) Овчинников Владимир Владимирович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории пучковых воздействий, ФГБУН Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Екатеринбург;
- 2) Столяров Владимир Владимирович, доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории узлов трения для экстремальных условий, ФГБУН Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Москва

– дали положительные отзывы о диссертации А.Э. Свирида.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИФПМ СО РАН), г. Томск, в своем положительном заключении, подписанном Лотковым Александром Ивановичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим лабораторией материаловедения сплавов с памятью формы указала, что «диссертационная работа Свирида Алексея Эдуардовича «Структура, фазовые превращения и свойства эвтектоидных β -сплавов на медной основе с эффектом памяти формы», является законченной научно-квалификационной работой, в которой получены важные теоретические и экспериментальные результаты. Диссертация имеет все необходимые разделы от формулировки цели, постановленных задач, методов их решения до результатов расчетов и экспериментов, их анализа, выводов и заключения. Материалы работы представлены в большом количестве публикаций. Автореферат диссертации и публикации полно и правильно отражают содержание работы.

Диссертационная работа «Структура, фазовые превращения и свойства эвтектоидных β -сплавов на медной основе с эффектом памяти формы» соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ и пунктам 1, 2, 3 Паспорта специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, а ее автор Свирид Алексей Эдуардович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния».

Соискатель имеет 39 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 21 работа, из них статей, опубликованных в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях и входящих в перечень ВАК– 6, не входящих в перечень ВАК – 3, главы в монографиях – 2, тезисов докладов в материалах российских и международных конференций – 10. Общий объем научных изданий – 18 печатных листов.

В результате проведенных исследований автором установлены закономерности структурно-фазовых превращений и формирования физико-механических свойств эвтектоидных β -сплавов на основе системы Cu-Al-Ni (В) в исходном поликристаллическом состоянии, а также подвергнутых высокотемпературной термомеханической обработке и интенсивной деформации кручением под высоким давлением и одноосному сжатию для измельчения и модификации зеренной структуры, повышения прочностных и пластических характеристик сплавов.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Влияние термомеханической обработки на структурно-фазовые превращения и механические свойства сплавов Cu-Al-Ni с памятью формы / А.Э. Свирид, Н.Н. Куранова, А.В. Лукьянов, В.В. Макаров, Н.В. Николаева, В.Г. Пушин, А.Н. Уксусников // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2018. – Т. 61. – С. 114 – 119.

2. Влияние термомеханической обработки на структурно-фазовые превращения в сплаве Cu-14Al-3Ni с эффектом памяти формы, подвергнутом кручению под высоким давлением / А.В. Лукьянов, В.Г. Пушин, Н.Н. Куранова, А.Э. Свирид, А.Н. Уксусников, Ю.М. Устюгов, Д.В. Гундеров // Физика металлов и металловедение. – 2018. – Т. 119. – С. 393 – 401.

3. Влияние легирования алюминием на структуру, фазовые превращения и свойства сплавов Cu-Al-Ni с Эффектом памяти формы / А.Э. Свирид, А.В. Лукьянов, В.В. Макаров, В.Г. Пушин, А.Н. Уксусников // Челябинский физико-математический журнал. – 2019. – Т. 4. – С. 108 – 117.

4. Влияние температуры изотермической осадки на структуру и свойства сплава Cu-14 мас. % Al-4 мас. % Ni с эффектом памяти формы / А.Э. Свирид, А.В. Лукьянов, В.Г. Пушин, Е.С. Белослудцева, Н.Н. Куранова, А.В. Пушин // Физика металлов и металловедение. – 2019. – Т. 120. – С. 1257 – 1263.

5. Эффект пластификации сплава Cu-14Al-4Ni с эффектом памяти формы при высокотемпературной изотермической осадке / А.Э. Свирид, В.Г.

Пушин, Н.Н. Куранова, Е.С. Белослудцева, А.В. Пушин, А.В. Лукьянов // Письма в ЖТФ. – 2020. – Т. 46. – С. 19 – 22

6. Применение изотермической осадки для мегапластической деформации beta-сплавов Cu-Al-Ni / А.Э. Свирид, А.В. Лукьянов, В.Г. Пушин, Н.Н. Куранова, В.В. Макаров, А.В. Пушин, А.Н. Укусников // Журнал технической физики. – 2020. – Т. 90. – С. 1088 – 1094.

На диссертацию и автореферат поступило 9 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 Добаткина Сергея Владимировича, д.т.н, профессора, заведующего лабораторией металловедения цветных и легких металлов «Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова» Российской академии наук ИМЕТ РАН, г. Москва и Страумала Петра Борисовича, к.ф.-м.н, старшего научного сотрудника лаборатории металловедения цветных и легких металлов ФГБУН «Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова» Российской академии наук ИМЕТ РАН, г. Москва; Суриковой Натальи Сергеевны, д.ф.-м.н., доцента, старшего научного сотрудника лаборатории физической мезомеханики и неразрушающих методов контроля ФГБУН «Института физики прочности и материаловедения» Сибирского Отделения РАН, г. Томск; Рубаника Василия Васильевича, член-корреспондента Национальной академии наук Беларуси, д.т.н., заведующего лабораторией физики металлов «Института технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск.

Замечания содержатся в следующих отзывах:

1. От Петра Евгеньевича Панфилова д.ф.-м.н., профессора кафедры «Физика конденсированного состояния и наноразмерных систем» ФГАОУ

ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

Замечание: «В качестве замечания или комментария, хотелось бы заметить, что к зернограничной хрупкости металлов и сплавов, как к макроскопическому проявлению катастрофического снижения когезионной прочности границ раздела, приводят малые концентрации неметаллических примесей, таких как С, О и Н, в матрице. С целью подавления этого влияния металлы и сплавы легируют бором, который в процессе ТМО равномерно распределяется по матрице и «парирует» влияние опасных примесей.»

2. От Анатолия Геннадьевича Илларионова, к.т.н., доцента кафедры «Термообработка и физика металлов» ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

Замечание: «На стр. 13 автореферата сказано, что «...после КВД выполнен микроструктурный анализ влияния термообработки в широком температурном интервале (вплоть до 1073К), изучены механические свойства...». Вопрос: Как защищали образцы при термообработке в области высоких температур?»

3 От Романа Вячеславовича Сундеева, к.ф.-м.н., доцента кафедры «Наноэлектроника» ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва.

Замечание: «Из текста автореферата не понятно: образцы сплава Cu-14Al-3Ni при испытаниях на растяжение имели одинаковую форму и размеры (рис. 13)? Если нет, то корректно ли сравнивать полученные результаты?»

4 От Натальи Николаевны Ресниной, д.ф.-м.н., профессора кафедры «Общая математика и информатика» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» г. Санкт-Петербург.

Замечания: 1) «На рисунке 13 представлены зависимости $\sigma(\epsilon)$, полученные при комнатной температуре для образцов сплава Cu-14Al-3Ni, характеризующихся разной зерненной структурой. Известно, что изменение размера зерна приводит к изменению параметров мартенситных превращений, поэтому в сплавах с разным размером зерна фазовое состояние может быть различным при комнатной температуре. Однако в автореферате не приведены данные о влиянии размера зерна на температуры

мартенситных переходов. Таким образом, остается неясным, связаны ли различия в зависимостях $\sigma(\epsilon)$ с разной зеренной структурой или с разными механизмами деформации, которые зависят от того в каком фазовом состоянии (аустенит, мартенсит или двухфазном) находился сплав при температуре деформирования.»

2) «В первом выводе говорится о подавлении термоупругих мартенситных переходов и эффектов памяти формы в сплавах с крупнозернистой структурой. В тоже время в таблице 2 представлены параметры мартенситных переходов, как для мелкозернистых сплавов, так и для крупнозернистых. На рисунке 13 представлена диаграмма деформирования, полученная в крупнозернистом состоянии, на которой видна площадка, которую автор связывает с площадкой фазовой текучести.»

5 От Руслана Зуфаровича Валиева д.ф.-м.н., профессора, заслуженного деятеля науки РФ и РБ, директора НИИ ФПМ ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» г. Уфа и Дмитрия Валерьевича Гундерова, д.ф.-м.н., в.н.с НИИ ФПМ ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» г. Уфа.

Замечания: 1) «Показано, что после ИПДК отжига 1073К, 10 с. и закалки в ИПДК образце Cu-14Al-3Ni сформировано перспективное УМЗ состояние β -фазы с высокой прочностью и пластичностью. Однако не представлены какие-либо характеристики ЭПФ данного состояния и температуры превращений (что представляет большой научный и практический интерес).»

2) «В первой главе рассмотрена большая серия сплавов Cu-Al-Ni и Cu-Al-Ni-B. В ряде сплавов прочность и пластичность оказалась заметно выше, чем в сплаве Cu-14Al-3Ni. Однако, дальнейшее исследование влияния ИПДК и осадки выполнены в основном Cu-14Al-3Ni, а обоснование такого выбора в автореферате не представлено.»

3) «ИПДК подвергался также сплав Cu-13.5%Al-3.5%Ni, но по нему представлен только график (рис. 10 б) по влиянию отжига на H_v без каких-либо комментариев по структуре, свойствам. На рис. 10 а представлено так же влияние температуры отжига на H_v сплава Cu-14Al-3Ni после ИПДК при предварительной закалке с 1223 К и закалке с 1273 К. Однако каких-либо комментариев, сравнений по влиянию температуры предварительной закалки на структуру и свойства ИПДК образцов не дано. Из текста автореферата даже не понятно – описаны структура и свойства каких ИПДК образцов (с предварительной закалкой от какой температуры?). Вопрос вызван вероятно тем, что в

диссертации получен очень большой объем данных, которые крайне сложно уместить в объем а-реферата, однако обрывочные данные, вызывающие лишние вопросы у читателя в а-реферат вставлять видимо нецелесообразно.»

6 От Александра Ивановича Потехаева, д.ф.-м.н., профессора кафедры «Общая и экспериментальная физика» Национального исследовательского Томского государственного университета, г. Томск и Анатолия Анатольевича Клопотова, д.ф.-м.н., профессора кафедры «Прикладная механика и материаловедение» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», г. Томск.

Замечание: «На наш взгляд в рассматриваемой диссертации сделан важный вклад в решение научной задачи по изучению механизмов структурно-фазовых превращений поликристаллических эвтектоидных сплавов с эффектом памяти формы системы Cu-Al-Ni, подвергнутых мегапластической деформации. Однако в автореферате не приведены зависимости коэффициента деформационного упрочнения $\theta = d\sigma/d\varepsilon$ от деформации или напряжения, которые бы наглядно продемонстрировали многостадийность деформационных процессов в исследуемых сплавах.»

Выбор официальных оппонентов доктора физико-математических наук, В.В. Овчинникова, доктора технических наук, В.В. Столярова, а также ведущей организации обосновывается публикациями оппонентов, тематикой структурного подразделения ведущей организации и публикациями доктора физико-математических наук А.И. Лоткова, относящимися к сфере исследований, которым посвящена диссертация.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Установлено, что основными причинами подавления термоупругих мартенситных превращений и эффекта памяти формы в эвтектоидных сплавах системы Cu-Al-Ni и развития в них зернограницной хрупкости являются эвтектоидный распад, крупнозернистость аустенита и его высокая упругая анизотропия. Выявлены основные морфологические признаки

пакетно-пирамидального мартенсита. Определены температуры термоупругих мартенситных превращений в закаленных сплавах, которые снижаются в диапазоне температур (900–250) К при повышении содержания Al от 9.0 до 14.0 масс. %.

2. Впервые показано, что в исходно крупнозернистых (размер зерна ~ 1 мм) закаленных сплавах Cu-Al-Ni может быть получена мелкозернистая структура (размер зерна ~ 0.15–0.2 мм) за счет легирования (7.5–9.5 масс. % Al или 0.1–0.2 масс.% В), использования повторного рекристаллизационного отжига или контролируемого изотермического сжатия при температурах выше границы эвтектоидного распада аустенита.

3. Обнаружено, что в сплавах Cu-Al-Ni радикальное измельчение структуры до ультрамелкозернистого состояния (с размером зерна 1–5 мкм) обеспечивается деформацией кручением под высоким давлением или изотермической осадкой при температурах вблизи и ниже границы эвтектоидного распада.

4. Показано, что эффект пластификации прочных мелко- и ультрамелкозернистых сплавов Cu-Al-Ni, полученных как в аустенитном, так и в мартенситном состояниях, обусловлен изменением механизмов разрушения сплавов при уменьшении размера зерна: в пластичных сплавах реализуется преимущественно вязкий мелкоямочный внутризеренный механизм разрушения, в отличие от типичного зернограничного в крупнозернистых сплавах-прототипах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что установленные в работе температурно-концентрационные зависимости и структурно-морфологические закономерности фазовых превращений и формирования физико-механических свойств существенно дополняют представления о физике процессов, протекающих при термической и термомеханической обработке эвтектоидных сплавов Cu-Al-Ni.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что полученные данные по модификации

микроструктуры и свойств изученных сплавов дают возможность использовать сплавы на основе Cu-Al-Ni для разработки и изготовления различных конструктивных элементов с эффектом памяти формы. Поскольку температуры мартенситных превращений данных сплавов могут быть изменены в очень широком диапазоне, сплавы могут найти применение в самых разных сферах техники при выборе химического состава и способов обработки в зависимости от условий эксплуатации, требуемого интервала температур, реализуемой термо- и механоупругой обратимой деформации, памяти формы, прочности и пластичности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что экспериментальные результаты, полученные с помощью различных апробированных методик, с использованием аттестованных образцов, хорошо воспроизводимы; экспериментальные данные корректно обработаны; имеется совпадение ряда результатов измерений с данными, полученными другими исследователями и опубликованными в открытой печати.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели, задач исследования, планировании и проведении систематических экспериментальных исследований с использованием различных методик (рентгеноструктурного анализа, аналитической просвечивающей и растровой электронной микроскопии), подготовке образцов сплавов, проведении механических испытаний, анализе и обработке полученных результатов, а также в написании научных работ и обсуждении их результатов на всероссийских и международных конференциях.

Диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной научной задачи комплексного исследования закономерностей формирования структуры, фазовых превращений и свойств трехкомпонентных сплавов системы Cu-Al-Ni, и соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением

Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842. с изменениями от 21.04.2016 г. № 335.

На заседании 11.12.2020 года, проведенном в удаленном (очно-заочном интерактивном) режиме, диссертационный совет принял решение присудить Свириду Алексею Эдуардовичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 17 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, 5 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 – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя диссертационного совета
доктор физ.-мат. наук




А.П.Носов

Врио ученого секретаря диссертационного совета,
доктор физ.-мат. наук


М.А. Короткин

14 декабря 2020 г.