

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.080.03

на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук (ФГБУН ИПСМ РАН) по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 10 сентября 2020 г., протокол № 8/20

О присуждении Кабировой Диларе Бязитовне, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Эволюция микроструктуры и текстуры при отжиге и деформации сверхпроводящей керамики  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ » по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния» принята к защите 26 июня 2020 г., протокол № 7/20, диссертационным советом Д 002.080.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки (ФГБУН) Института проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук (ИПСМ РАН), адрес: 450001, г. Уфа, ул. Степана Халтурина, 39, Приказ Министерства образования и науки РФ о создании совета - № 785/нк от 10.07.2015 г.

Соискатель Кабирова Дилара Бязитовна, 1965 года рождения, в 1987 г. закончила ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», в 1999 г. закончила очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Уфимский авиационный технический университет». В настоящее время работает инженером 2-й категории Временного творческого коллектива (ВТК) «Сварка трением» ИПСМ РАН. Диссертация выполнена в ИПСМ РАН, в ВТК «Сварка трением».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, Имаев Марсель Фанирович, ведущий научный сотрудник ВТК «Сварка трением» ИПСМ РАН.

Официальные оппоненты:

1. Михайлов Борис Петрович, доктор технических наук по специальности 05.16.01 - металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, ведущий

научный сотрудник Лаборатории физикохимии тугоплавких и редких металлов и сплавов, ФГБУН Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва;

2. Гундеров Дмитрий Валерьевич, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния, ведущий научный сотрудник Лаборатории физики твердого тела Института физики молекул и кристаллов - обособленного структурного подразделения ФГБНУ Уфимского федерального исследовательского центра РАН, г. Уфа;

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – ФГБУН Институт физики твердого тела РАН (г. Черноголовка), в своем положительном заключении, подписанном главным научным сотрудником, доктором технических наук, профессором, членом-корреспондентом РАН Карповым Михаилом Ивановичем и старшим научным сотрудником, кандидатом технических наук Коржовым Валерием Поликарповичем, и утвержденном директором института доктором физико-математических наук Левченко Александром Алексеевичем указала, что диссертационная работа Кабириной Д. Б. выполнена на актуальную тему и представляет собой логически выстроенную и завершенную научно-исследовательскую работу, которая актуальна не только с фундаментальной, но и с практической точки зрения.

Соискатель имеет 24 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации 21 работу, из них 11 опубликованы в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК РФ и в ведущих международных журналах. Десять публикаций по теме диссертации являются научными статьями и один - патентом. Наиболее значимыми работами являются статьи, опубликованные в журналах «Physica C» (2000, v.329, p.75), «J. of the European Society» (2012, v.32, p. 1261), «Известия высших учебных заведений. Физика» (2015, т.58, №6, с.21) и патент РФ: «Способ изготовления изделий из ВТСП керамик» (№2258685, зарегистрирован 20.08.2005). В диссертации отсутствуют недостоверные данные об опубликованных соискателем научных работах.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Ведущего научного сотрудника Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (г. Белгород), д. ф.-м. н. Миронова Сергея Юрьевича. Отзыв положительный, имеется 8 замечаний:

#### Главы №№ 3 и 4

(1) Не вполне понятно, какой именно процесс описывается в главах №№ 3 и 4 – рост зерен или спекание материала? Как я могу предположить, появление жидкой фазы по границам зерен должно было способствовать спеканию, но тормозить миграцию границ.

(2) Причина анизотропии роста зерен (и сопутствующего формирования пластинчатой микроструктуры) не вполне ясны.

(3) Не понятен механизм залечивания пористости в ходе роста зерен. Мог ли данный эффект быть связан с фазовым превращением (например, из орто- в тетра-фазу) с сопутствующим дилатационным эффектом?

#### Глава № 5

(1) Не понятен выбор температуры деформации (т.е.  $1008^{\circ}\text{C}$ ), а также очень малой нагрузки (10 МПа). С учетом последнего обстоятельства, вряд ли использованный метод деформации можно отнести к кручению под высоким давлением.

(2) Не ясна связь между появлением жидкой фазы по границам зерен и интенсификацией процесса зернограничного проскальзывания (ЗГП). Разве разрушение кристаллической структуры, связанное с расплавлением материала, не должно подавить скольжение зернограничных дислокаций?

(3) Наличие заявленной корреляции между ЗГП и формированием кристаллографической текстуры также не понятно. Если не ошибаюсь, согласно распространенной точке зрения ЗГП должно, наоборот, приводить размытию текстуры.

#### Глава № 6

(1) Не понятен механизм локального гофрирования деформируемого материала (и сопутствующего образования кольца небазисной текстуры) в ходе кручения под высоким давлением.

(2) Вследствие неоднородного распределения деформации в ходе кручения, периферийная область материала должна характеризоваться не только формированием острой кристаллографической текстуры, но и повышенной концентрацией дефектов, в том числе точечных. Таким образом, предположение о наибольшей плотности критического тока в данной области требует экспериментальной проверки.

2. Главного научного сотрудника лаборатории механики и физики новых материалов и устройств Института математики, механики и компьютерных наук ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет» (г. Ростов-на-Дону), д.т.н. Паринова Ивана Анатольевича. Отзыв положительный, имеется 1 замечание:

В диссертации обнаружена низкая плотность критического тока в деформированных и подвергшихся высокотемпературному отжигу (ВТО) образцах при, тем не менее, высоком уровне текстуре образца. Это, как и принято в теории сверхпроводимости, объяснено низкой плотностью центров пиннинга магнитного потока (в данном случае, обусловленной плотностью решеточных дефектов). По-видимому, целесообразно было бы обсудить пути получения более высокой плотности центров пиннинга, именно при использовании КГД-метода, а не просто перечислить обычно используемые техники введения таких дополнительных центров с помощью радиационных дефектов, субмикро- и наноразмерных частиц вторичных фаз или химического легирования.

3. Профессора кафедры неорганической химии Химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» (г. Москва), д.х.н., Казина Павла Евгеньевича. Отзыв положительный, без замечаний.

4. Главного научного сотрудника лаборатории физикохимии и механики металлических материалов ФГБУН «Институт металлургии и материаловедения им.

А. А. Байкова РАН» (г. Москва), д.ф.-м. н., профессора Мышляева Михаила Михайловича. Отзыв положительный. Имеется одно замечание:

Перегруженность диссертации экспериментальными данными.

5. Старшего научного сотрудника ФГБУН «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН» (г. Москва), к.х.н. Копьевой Марии Алексеевны. Отзыв положительный, имеются два замечания:

- недостаточно четко обоснован выбор температуры деформации Y123, в частности 1008°C.

- установлено, что деформация кручением под давлением привела к неоднородному распределению текстуры вдоль радиуса образца. Из автореферата не ясно, какая часть образца использовалась для измерения сверхпроводящих свойств? Какую плотность критического тока имеет крайняя зона образца, где формируется острая текстура ограниченного типа.

В отзывах указано, что представленная работа имеет большое практическое значение и по своей новизне и актуальности соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются компетентными учеными, широко известны своими научными достижениями в данной области и способны определить научную и практическую ценность диссертации. Ведущая организация – ИФТТ РАН является одной из ведущих научных организаций РФ, известна своими достижениями в области физики конденсированного состояния и имеет большое количество ученых, являющихся безусловными специалистами в физике конденсированного состояния, материаловедении и смежных направлениях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

-разработана новая экспериментальная методика горячей деформации кручением под давлением, позволившая изучить эволюцию микроструктуры сверхпроводящих керамик при больших пластических деформациях и получить острую кристаллографическую текстуру;

-предложены механизмы роста зерен, пластической деформации и формирования текстуры в керамике Y123;

-установлена причина плохой связности границ зерен в деформированной керамике, показана роль высокотемпературного рекристаллизационного отжига в восстановлении их связности.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- изложены положения и идеи, которые вносят вклад в расширение представлений о влиянии деформационных и термических воздействия на керамику Y123, возможностях управления микроструктурой и сверхпроводящими свойствами;

- предложены и экспериментально обоснованы механизмы формирования при деформации кристаллографической текстуры в керамике Y123, отличающиеся от традиционных;

- применительно к проблематике диссертации результативно использован метод EBSD анализа для описания неоднородности кристаллографической текстуры;

-изучены причинно-следственные связи между режимом термомеханической обработки, структурой и сверхпроводящими свойствами керамики Y123.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- развита методика горячей деформации кручением под давлением сверхпроводящей керамики Y123, определены условия получения острой кристаллографической текстуры, разработана методика оценки неоднородности текстуры вдоль радиуса образца, получен патент РФ;

- определены перспективы применения полученных результатов на практике;

- разработаны практические рекомендации по выбору исходного структурного состояния керамики, режима деформации, после деформационной термообработки для достижения острой кристаллографической текстуры;

- представлены рекомендации по усилению пиннинга магнитного потока для дальнейшего увеличения токонесущей способности деформированной керамики Y123.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

-результаты получены на сертифицированном оборудовании с высокой воспроизводимостью результатов исследования. Использовали общепринятые методики анализа микроструктуры, текстуры и сверхпроводящих свойств, такие как рентгеноструктурный анализ, растровая электронная микроскопия, EBSD анализ; комплексная динамическая магнитная восприимчивость;

-идея базируется на анализе результатов работ в области создания кристаллографической текстуры в сверхпроводящих керамиках методами горячей деформации;

-сравнение авторских данных с данными, полученными ранее по рассматриваемой тематике, показало, что деформация кручением под давлением позволяет получить более острую текстуру, чем сжатием, экструзией, прокаткой;

-установлено количественное и качественное совпадение авторских работ с литературными данными по тематике горячей деформации керамики Y123. Это касается совпадения температурных интервалов наблюдения высокой пластичности и роста зерен. Кроме того, подтверждено, что горячедеформированная керамика Y123 обладает ослабленными сверхпроводящими свойствами. Для их восстановления недостаточно стандартного низкотемпературного отжига в токе кислорода (в интервале температур 400-500°C), а требуется промежуточный высокотемпературный отжиг (выше 900°C).

- использованы современные методики сбора и статистической обработки исходной и полученной информации, а также эффективные методы визуализации.

Личный вклад соискателя заключается в выборе направления исследования, постановке задач и разработке плана работ, подготовке образцов и проведения исследований, получении, обработке и анализе полученных результатов и последующем оформлении их в виде научных публикаций. Все этапы численных экспериментов выполнены лично соискателем, либо при его активном участии.

На заседании 10 сентября 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Кабировой Д. Б.. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 11 докторов наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния», 9 докторов наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», участвовавших в заседании, из «22» человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждении ученой степени – 19, против присуждения ученой степени – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель диссертационного совета,

д. ф.-м. н., профессор



Мулюков Радик Рафикович

Ученый секретарь диссертационного совета,

д. ф.-м. н.

Имаев Марсель Фанирович

10 сентября 2020 г.