

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 14.02.2024 № 1

О присуждении Ланцеву Евгению Андреевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Электроимпульсное плазменное спекание мелкозернистых керамик и твердых сплавов на основе карбида вольфрама» по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния принята к защите 25 октября 2023 г. (протокол заседания № 22) диссертационным советом 24.2.340.01, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 603022, г. Нижний Новгород, просп. Гагарина, 23, приказ от 11.04.2012 г. №105/нк о создании диссертационного совета.

Соискатель Ланцев Евгений Андреевич, 1 апреля 1994 года рождения. В 2016 году соискатель окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», в 2022 году закончил освоение программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре очной формы обучения по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия»

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории технологии керамик отдела физики металлов Научно-исследовательского физико-технического института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на базе отдела физики металлов Научно-исследовательского физико-технического института и кафедры физического материаловедения физического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Нохрин Алексей Владимирович, старший научный сотрудник лаборатории диагностики материалов Научно-исследовательского физико-технического института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

**Официальные оппоненты:**

1. Рыбаков Кирилл Игоревич, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», заведующий сектором теории СВЧ разряда;
2. Самохин Андрей Владимирович, кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт metallurgии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук», ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией плазменных процессов в

металлургии и обработке металлов,  
дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ), г. Владивосток, в своем **положительном** отзыве, подписанном Папыновым Евгением Константиновичем, кандидатом химических наук, заместителем директора по развитию Института научноемких технологий и передовых материалов ДВФУ, заведующим лабораторией ядерных технологий и Балыбиной Валерией Александровной, ассистентом Департамента ядерных технологий, младшим научным сотрудником лаборатории ядерных технологий, и утвержденном и.о. проректора по научной работе ДВФУ Гончаровой Светланой Николаевной, указала, что «...диссертация Ланцева Е.А. «Электроимпульсное плазменное спекание мелкозернистых керамик и твердых сплавов на основе карбида вольфрама» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, соответствующую всем критериям и требованиям раздела II «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., а её автор, Ланцев Евгений Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – физика конденсированного состояния».

Соискатель имеет 60 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 27 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 11 работ. В публикациях соискателя по теме диссертации представлены основные научные результаты по исследованию влияния размера исходных частиц карбида вольфрама, концентрации кислорода и графита, добавок оксидов алюминия и циркония, карбида кремния и сверхмелких добавок кобальта на кинетику твердофазного спекания, эволюцию зеренной микроструктуры, фазовый состав и физико-механические свойства керамик на основе карбида вольфрама. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации – публикации в

научных журналах, входящих в Перечень ВАК, или индексируемых в международных базах цитирования Web of Science и Scopus:

1. **Ланцев, Е. А.** Исследование особенностей высокоскоростного спекания плазмохимических нанопорошков карбида вольфрама с повышенным содержанием кислорода / **Е. А. Ланцев**, Н. В. Малехонова, Ю. В. Цветков, Ю. В. Благовещенский, В. Н. Чувильдеев, А. В. Нохрин, М. С. Болдин, П. В. Андреев, К. Е. Сметанина, Н. В. Исаева // Физика и химия обработки материалов. – 2020. – №. 6. – С. 23-39. (ВАК, Scopus)

**Вклад соискателя:** 1) планирование эксперимента, 2) изготовление образцов, 3) анализ экспериментальных результатов исследований физико-механических свойств образцов, 4) анализ кинетики уплотнения порошков, 5) написание текста, формулировка выводов.

2. **Ланцев, Е. А.** Исследование особенностей высокоскоростного спекания мелкозернистых сверхнизкокобальтовых твердых сплавов на основе карбида вольфрама. Часть I. Керамики на основе карбида вольфрама / **Е. А. Ланцев**, Н. В. Малехонова, В. Н. Чувильдеев, А. В. Нохрин, Ю. В. Цветков, Ю. В. Благовещенский, М. С. Болдин, П. В. Андреев, К. Е. Сметанина, Н. В. Исаева // Физика и химия обработки материалов. – 2021. – №. 6. – С. 35-53. (ВАК, Scopus)

**Вклад соискателя:** 1) планирование эксперимента, 2) изготовление образцов, 3) анализ экспериментальных результатов исследований физико-механических свойств образцов, 4) анализ кинетики уплотнения порошков, 5) написание текста, формулировка выводов.

3. **Ланцев, Е. А.** Исследование особенностей высокоскоростного спекания мелкозернистых сверхнизкокобальтовых твердых сплавов на основе карбида вольфрама. Часть II. Твердые сплавы WC-(0,3-1) масс.%Co / **Е. А. Ланцев**, Н. В. Малехонова, В. Н. Чувильдеев, А. В. Нохрин, Ю. В. Цветков, Ю. В. Благовещенский, М. С. Болдин, П. В. Андреев, К. Е. Сметанина, Н. В. Исаева // Физика и химия обработки материалов. – 2022. – №. 1. – С. 24-44. (ВАК, Scopus)

**Вклад соискателя:** 1) планирование эксперимента, 2) изготовление

образцов, 3) анализ экспериментальных результатов исследований физико-механических свойств образцов, 4) анализ кинетики уплотнения порошков, 5) написание текста, формулировка выводов.

4. **Ланцев, Е. А.** Исследование особенностей высокоскоростного спекания мелкозернистых сверхнизкобалльтовых твердых сплавов на основе карбида вольфрама. Часть III. Влияние графита на кинетику спекания порошков WC-Co / **Е. А. Ланцев**, Н. В. Малехонова, В. Н. Чувильдеев, А. В. Нохрин, Ю. В. Цветков, Ю. В. Благовещенский, М. С. Болдин, П. В. Андреев, К. Е. Сметанина, Н. В. Исаева // Физика и химия обработки материалов. – 2022. – №. 2. – С. 35-54. (ВАК, Scopus)

**Вклад соискателя:** 1) планирование эксперимента, 2) изготовление образцов, 3) анализ экспериментальных результатов исследований физико-механических свойств образцов, 4) анализ кинетики уплотнения порошков, 5) написание текста, формулировка выводов.

5. **Ланцев, Е. А.** Исследование кинетики электроимпульсного плазменного спекания ультрамелкозернистых твердых сплавов WC-10%Co / **Е. А. Ланцев**, В. Н. Чувильдеев, А. В. Нохрин, М. С. Болдин, Ю. В. Цветков, Ю. В. Благовещенский, Н. В. Исаева, П. В. Андреев, К. Е. Сметанина // Физика и химия обработки материалов. – 2019. – №. 6. – С. 36-51. (ВАК, Scopus)

**Вклад соискателя:** 1) планирование эксперимента, 2) изготовление образцов, 3) анализ экспериментальных результатов исследований физико-механических свойств образцов, 4) анализ кинетики уплотнения порошков, 5) написание текста, формулировка выводов.

6. **Ланцев, Е. А.** Исследование особенностей высокотемпературной деформации керамик из чистого карбида вольфрама с различным размером зерна / **Е. А. Ланцев**, А. В. Нохрин, В. Н. Чувильдеев, М. С. Болдин, Ю. В. Благовещенский, П. В. Андреев, А. А. Мурашов, К. Е. Сметанина, Н. В. Исаева, А. В. Терентьев // Перспективные материалы. – 2022. – №. 4. – С. 40-52. (ВАК, Scopus)

**Вклад соискателя:** 1) планирование эксперимента, 2) изготовление образцов, 3) анализ экспериментальных результатов исследований физико-

механических свойств образцов, 4) анализ кинетики уплотнения порошков, 5) написание текста, формулировка выводов.

7. **Ланцев, Е. А.** Электроимпульсное («искровое») плазменное спекание ультрамелкозернистых керамик WC-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / **Е. А. Ланцев**, А. В. Нохрин, М. С. Болдин, К. Е. Сметанина, А. А. Мурашов, Ю. В. Благовещенский, Н. В. Исаева, Г. В. Щербак, В. Н. Чувильдеев, Н. Ю. Табачкова // Перспективные материалы. – 2023. – №. 4. – С. 76-88. (ВАК, Scopus)

**Вклад соискателя:** 1) планирование эксперимента, 2) изготовление образцов, 3) анализ экспериментальных результатов исследований физико-механических свойств образцов, 4) анализ кинетики уплотнения порошков, 5) написание текста, формулировка выводов.

8. **Ланцев, Е. А.** Электроимпульсное плазменное спекание ультрамелкозернистых керамик WC-ZrO<sub>2</sub> / **Е. А. Ланцев**, А. В. Нохрин, М. С. Болдин, К. Е. Сметанина, Ю. В. Благовещенский, Н. В. Исаева, А. А. Мурашов, В. Н. Чувильдеев, А. В. Терентьев, Н. Ю. Табачкова // Неорганические материалы. – 2023. – Т. 59. – №. 5. – С. 1-8. (ВАК, WoS, Scopus)

**Вклад соискателя:** 1) планирование эксперимента, 2) изготовление образцов, 3) анализ экспериментальных результатов исследований физико-механических свойств образцов, 4) анализ кинетики уплотнения порошков, 5) написание текста, формулировка выводов.

9. **Lantsev, E. A.** A study of the impact of graphite on the kinetics of SPS in nano and submicron WC 10%Co powder compositions / **Е. А. Lancev**, А. В. Nokhrin, N. V. Malekhonova, M. S. Boldin, V. N. Chuvil'deev, Y. V. Blagoveshchenskiy, N. V. Isaeva, P. V. Andreev, K. E. Smetanina, A. A. Murashov // Ceramics. – 2021. – Т. 4. – №. 2. – С. 331-363. (WoS, Scopus)

**Вклад соискателя:** 1) планирование эксперимента, 2) изготовление образцов, 3) анализ экспериментальных результатов исследований физико-механических свойств образцов, 4) анализ кинетики уплотнения порошков, 5) написание текста, формулировка выводов.

10. **Lantsev, E. A.** Spark plasma sintering of fine-grained WC hard alloys

with ultra low cobalt content / **E. A. Lantsev**, N. V. Malekhonova, A. V. Nokhrin, V. N. Chuvil'deev, M. S. Boldin, Yu. V. Blagoveshchenskiy, P. V. Andreev, K. E. Smetanina, N. V. Isaeva, A. A. Murashov // Journal of Alloys and Compounds. – 2021. – T.857 – C. 157535. (WoS, Scopus)

**Вклад соискателя:** 1) планирование эксперимента, 2) изготовление образцов, 3) анализ экспериментальных результатов исследований физико-механических свойств образцов, 4) анализ кинетики уплотнения порошков, 5) написание текста, формулировка выводов.

11. **Lantsev, E. A.** Influence of oxygen on densification kinetics of WC nanopowders during SPS / **E. A. Lantsev**, N. V. Malekhonova, A. V. Nokhrin, V. N. Chuvil'deev, M. S. Boldin, Yu. V. Blagoveshchenskiy, P. V. Andreev, K. E. Smetanina, N. V. Isaeva, S. V. Shotin // Ceramics International. – 2021. – Т. – 47. – №. 3. – С. 4294 4309. (WoS, Scopus)

**Вклад соискателя:** 1) планирование эксперимента, 2) изготовление образцов, 3) анализ экспериментальных результатов исследований физико-механических свойств образцов, 4) анализ кинетики уплотнения порошков, 5) написание текста, формулировка выводов.

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов:

1. Жуков Илья Александрович, доктор технических наук (специальность 05.16.09 – Материаловедение (химическая технология)), заведующий лабораторией нанотехнологий металлургии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» и Григорьев Михаил Владимирович, кандидат технических наук (специальность 05.16.09 – Материаловедение), старший научный сотрудник лаборатории нанотехнологий металлургии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» отмечают в своем отзыве, что «В диссертационном исследовании Ланцева Евгения Андреевича применен комплексный подход к получению и

исследованию керамик на основе нано- и субмикронных порошков карбида вольфрама WC, полученных в процессе электроимпульсного плазменного спекания». Также отмечается, что «...Впервые показано, что основным механизмом высокотемпературной деформации УМЗ керамик на основе карбида вольфрама является процесс степенной ползучести. Полученные автором работы результаты надежно обоснованы. Результаты работы наряду с очевидной научной новизной имеют практическую направленность». В отзыве есть следующие замечания и вопросы к работе: «1. В работе для получения материалов использовались порошки WC со средним размером частиц ~90 нм, а в качестве добавок порошки Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и ZrO<sub>2</sub> со средний размером частиц ~200 нм, т.е. в структуре спеченных керамик зерна Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и ZrO<sub>2</sub> более крупные по сравнению с зернами матрицы WC, при этом утверждается о дисперсном упрочнение карбида вольфрама; какой механизм в этом случае обеспечивает увеличение свойств? 2. В автореферате приведены сведения (описание пятого раздела), что добавки Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub> и SiC обеспечивают требуемый уровень трибологических свойств (коэффициент трения, работоспособность при повышенных температурах), при этом каких-либо данных о результатах экспериментальных исследований не приведено». При этом отмечается, что «Указанные замечания не ставят под сомнение ценность результатов диссертационного исследования для науки и практики». «Диссертационная работа соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. 11.09.2021 г.) и удовлетворяет требованиям, предъявленным к кандидатским диссертациям п.9 действующего Положения о присуждении ученых степеней, и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, направленной на разработку новых энерго- и ресурсоэффективных технологий производства, позволяющих существенно сократить стоимость и продолжительность производственного процесса изготовления изделия, изготавливать сложнопрофильные изделия и повысить коэффициент использования материала, а ее автор Ланцев Евгений Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических

наук по специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния».

2. Жеребцов Сергей Валерьевич, доктор технических наук (специальность 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов), доцент, профессор кафедры материаловедения и нанотехнологий НИУ Белгородский государственный университет, в своем отзыве отмечает, что «Диссертационная работа Ланцева Е.А. посвящена изучению механизмов высокотемпературного уплотнения нанопорошков на основе карбида вольфрама в процессе электроимпульсного спекания. Установлено, что процесс спекания нанопорошков карбида вольфрама можно представить в виде последовательной смены следующих механизмов: перегруппировка частиц при пониженных температурах (Стадия II), спекания частиц за счет зернограничной диффузии (Стадия III), спекание за счет диффузии в кристаллической решетке (Стадия III-1), спекание в условиях интенсивного роста зерен с низкой энергией активации диффузии (Стадия III-2)...С использованием технологий ЭИПС и плазмохимического синтеза нанопорошков карбида вольфрама получены керамики с высокими физико-механическими свойствами, которые могут быть использованы для изготовления современного металлорежущего инструмента». В отзыве присутствуют следующие вопросы и замечания: «1. Представленные характеристики керамик на основе карбида вольфрама с добавками оксида циркония и карбида кремния:  $Hv \sim 20\text{-}25$  ГПа при  $K_{IC} \sim 5\text{-}6$  МПа·м $^{1/2}$ , оказываются близки к аналогичным значениям для керамик из чистого карбида вольфрама ( $Hv \sim 26\text{-}29$  ГПа при  $K_{IC} \sim 4\text{-}5$  МПа·м $^{1/2}$ ). Чем обусловлен данный эффект? 2. В автореферате диссертации отсутствует информация о результатах испытаний образцов на резание, которые могут подтвердить применимость разрабатываемых материалов для задач станкостроения». «Данные замечания не оказывают существенного влияния на высокую оценку диссертационной работы Ланцева Е.А. и не снижают важности и достоверности полученных результатов».

3. Благовещенский Юрий Вячеславович, кандидат технических наук (специальность 05.16.03 – металлургия цветных и редких металлов), ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт metallurgии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской

академии наук отмечает в своем отзыве, что «Было показано важное значение добавок графита в спекаемые порошки и была выбрана его оптимальная концентрация. Также была показана связь количества кислорода и углерода в порошке на аномальный рост зерна карбида при спекании. В работе получены важные научные и практические результаты. Следует отметить высокое качество и обстоятельность аналитического обзора. К достоинствам работы, несомненно, можно отнести актуальность затронутой темы и ее реализация – комплексность проведенных исследований». Отзыв содержит следующие вопросы и замечания: «1. Автором было отмечено, что добавление 0.5вес.% свободного углерода в состав нанопорошка чистого карбида вольфрама приводит к аномальному росту зерен, снижению механических характеристик, а также к изменению кинетики уплотнения прессовок при высокоскоростном нагреве. Почему добавление аналогичных концентраций свободного углерода в состав порошков WC-Co, а также WC-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiC не привело к похожим результатам, а наоборот в некоторых случаях даже улучшает механические свойства керамик? 2. На странице 8 автореферата перепутана нумерация порошков: в тексте говорится об исследовании структуры нанопорошка №1, а в подписи к рисунку указан нанопорошок №3. 3. На странице 9 автореферата указано, что в центральной области керамики №4 доля фазы W<sub>2</sub>C составляет ~0.5%, а в центральной области керамики №3 – 3.4%, однако в таблице, на которую в этом предложении ссылается автор указаны обратные значения – у порошка №3 стоит прочерк, а у порошка №4 – 4%. 4. На рисунке 11 приведены исследования РЭМ образцов WC-Co, которые показали наличие однородной мелкозернистой структуры в образцах с неравномерным распределением пор, однако на рисунке видны многочисленные черные вкрапления, которые, на первый взгляд, достаточно однородно распределены в объеме образцов и схожи по размеру. О каком неравномерном распределении пор указывал автор и как это контролировалось?». При этом отмечает, что «указанные замечания не влияют на высокий уровень работы».

**4.** Курлов Алексей Семенович, кандидат физико-математических наук (специальность 1.4.15 (02.00.21) – Химия твердого тела), ведущий научный

сотрудник, заведующий лабораторией нестехиометрических соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук и Гусев Александр Иванович, доктор физико-математических наук (специальность 1.4.15 (02.00.21) – Химия твердого тела), профессор, главный научный сотрудник лаборатории нестехиометрических соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук отмечают в своем отзыве, что «...В отличие от большинства исследователей, занимающихся высокоскоростным спеканием нанопорошков, Е.А. Ланцев, не проигнорировал проблемы, связанные с использованием нанопорошков (примесный кислород, свободный (несвязанный) углерод, неоднофазность и др.), а наоборот, уделил им пристальное внимание, что добавляет оригинальности и объективности полученным в диссертационном исследовании результатам». Отзыв содержит вопросы и замечания «1. Каким образом установлено, что примесный кислород, содержащийся в нанопорошках WC, находится в них в форме нанотолщинных слоев оксидов  $WO_x$  на поверхности наночастиц WC? 2. На ПЭМ изображении напопорошка WC (рис. 2) светлые участки по границам частиц интерпретируются как аморфные слои  $WO_x$ , а на ПЭМ изображении смеси WC-1%Co (рис. 8) аналогичные участки интерпретируются уже как тонкие слои Co. В связи с этим возникает вопрос: куда исчезли слои аморфного  $WO_x$  и почему их место заняли слои Co, а не его оксида? Проводился ли качественный элементный или структурный анализ частиц данных порошков? 3. Почему для компенсации потерь углерода использовался графит (в т.ч. коллоидный), а не технический углерод (сажа)? 4. В табл.2 указан фазовый состав порошков. Каким методом он был установлен? Порошки группы Ш, содержащие оксиды вольфрама, приобрели свой фазовый состав в результате плазмохимического синтеза или после окисления плазмохимического нанопорошка WC? Как определялось в них содержание углерода и кислорода? Содержали ли порошки свободный (несвязанный углерод)? 5. На стр. 9 автореферата

допущена путаница: согласно табл.1 керамика №3 не содержит  $W_2C$ , а керамика №4 его содержит; согласно тексту под таблицей, все наоборот: «Результаты РФА показывают, что в центральной области керамики №4 массовая доля частиц фазы  $W_2C$  очень мала (около 0.5%); в керамике №3 массовая доля частиц  $W_2C$  составляет ~3.4% (табл. 1)». 6. На стр. 10 в примечании к табл.2 вместо порошка №11 повторно указан порошок №10. 7. На стр. 21, возможно, допущена опечатка: оптимальная температура спекания порошков WC-SiC-0.3%C составляет  $1350^{\circ}C$ , что на  $150^{\circ}C$  меньше температуры окончания усадки нанопорошка WC. Выше отмечалось, что температура окончания усадки порошка WC составляет  $1400^{\circ}C$ . Вероятно, имелось ввиду не  $150^{\circ}C$ , а  $50^{\circ}C$ ? 8. На стр.25, вероятно, перепутаны образцы. Согласно табл. 1 образцы №1, 2 и 3 имеют средний размер зерна 3, 0.9 и 0.15 мкм, а в тексте на стр. 25 «...образцы мелкозернистых керамик №1 ( $d \sim 1$  мкм) и №2 ( $d \sim 3$  мкм) имеют энергию активации  $\sim 15 kT_m$  (380 кДж/моль) и 22 (560 кДж/моль), соответственно». Отмечается также, что «Выполненная работа заслуживает высокой оценки, а указанные замечания не влияют на общую высокую оценку диссертационного исследования».

**5.** Пархоменко Юрий Николаевич, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.10 – Физика полупроводников), профессор кафедры материаловедения полупроводников и диэлектриков Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» отмечает в своем отзыве, что «Следует особо отметить, что в работе найдены энергии активации процесса спекания, которые позволили определить доминирующие механизмы диффузионных процессов на каждом этапе уплотнения, а также детально проанализировать влияние различных добавок на стадийность высокоскоростного спекания нанопорошков карбида вольфрама. Впервые показано, что основным механизмом высокотемпературной деформации ультрамелкозернистых керамических образцов на основе карбида вольфрама является процесс степенной ползучести. Показано, что энергия активации ползучести близка к

энергии активации диффузии углерода в решетке WC». Отзыв содержит вопросы и замечания «1. В автореферате присутствует несоответствие между данными, приведенными в таблице 1 и в обсуждении результатов для образцов №3 и №4. 2. Из текста автореферата не ясно, с чем связано уменьшение плотности спеченных образцов при увеличении концентрации углерода в исходных порошках?». Также отмечено, что «Высказанные замечания не являются критическими и не влияют на высокую оценку и степень проработанности научного исследования... Представленные в автореферате диссертации Ланцева Е.А. научные результаты соответствуют паспорту специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния. Диссертация «Электроимпульсное плазменное спекания мелкозернистых керамик и твердых сплавов на основе карбида вольфрама» имеет высокую научную и практическую значимость, соответствует всем требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (ред. 26.09.2022), а её автор – Ланцев Евгений Андреевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8-Физика конденсированного состояния».

**6.** Кременчугский Максим Витальевич, кандидат технических наук, заместитель главного технолога Федерального государственного унитарного предприятия «РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР» Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики – начальник отделения, в своем отзыве отмечает, что «Актуальность темы исследований определяется необходимостью разработки новых конструкционных керамик и твердых сплавов на основе WC с повышенными механическими свойствами для изготовления металлорежущего инструмента, пар трения, износостойких деталей машин и приборов, штамповой оснастки... Среди наиболее важный научных результатов следует выделить анализ кинетических особенностей уплотнения порошковых композиций в заданных условиях, позволивший провести анализ доминирующих механизмов высокоскоростного спекания керамик и сверхнизкокобальтовых

твердых сплавов...Наиболее важное практическое значение имеют результаты исследований механических свойств полученных керамических материалов, а также рекомендации к выбору оптимальных режимов их высокоскоростного спекания». В отзыве отсутствуют замечания. Также указано, что «...Ланцев Е.А. заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния».

Все отзывы на автореферат диссертации положительные. В них отмечается актуальность темы исследования, новизна результатов, их научная и практическая значимость. Во всех отзывах делается вывод, что рассматриваемая диссертация соответствует требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а соискатель Е.А. Ланцев заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается близостью направлений их научных исследований к тематике диссертационной работы соискателя, связанной с исследованием новых высокопрочных керамических материалов с ультрамелкозернистой структурой.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ), г. Владивосток (о. Русский) – специализируется, в частности, на разработке научных основ технологии высокоскоростного электроимпульсного плазменного спекания конструкционных и функциональных керамических материалов. Известным специалистом ведущей организации в указанных областях является кандидат химических наук Папынов Евгений Константинович.

Официальный оппонент – доктор физико-математических наук Рыбаков Кирилл Игоревич – высококвалифицированный специалист в области высокоскоростного спекания керамики с использованием технологии микроволнового нагрева, автор статей в высокорейтинговых научных журналах

по разработке и исследованию новых наноструктурированных керамических материалов.

Официальный оппонент – кандидат технических наук Самохин Андрей Владимирович – высококвалифицированный специалист в области технологии плазмохимического синтеза нанопорошков вольфрама и карбида вольфрама, автор статей в ведущих научных журналах по изучению особенностей строения нанопорошковых материалов, разработке новых технологий их получения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** новые ультрамелкозернистые (УМЗ) керамики и сверхнизкобалльтовые твердые сплавы на основе карбида вольфрама, которые могут быть использованы для изготовления современного металлорежущего инструмента;

**предложены**

1) модель, описывающая стадийность уплотнения нанопорошков карбида вольфрама при высокоскоростном электроимпульсном плазменном спекании (ЭИПС);

2) модель, описывающая влияние адсорбированного кислорода и графита на рост зерен и фазовый состав карбида вольфрама при ЭИПС;

3) модель высокотемпературной деформации мелкозернистых керамик на основе карбида вольфрама;

**доказана** перспективность использования:

1) технологии плазмохимического синтеза и технологии высокоскоростного электроимпульсного плазменного спекания для получения образцов карбида вольфрама и дисперсно-упрочненных керамик на основе карбида вольфрама с ультрамелкозернистой микроструктурой и повышенными физико-механическими свойствами;

2) технологии получения наночастиц со структурой «ядро» (WC) – «оболочка» (Co) и технологии их высокоскоростного спекания для получения ультрамелкозернистых сверхнизкобалльтовых (не более 1 вес.%Co) твердых сплавов WC-Co с повышенной твердостью и трещиностойкостью;

3) микродобавок графита и дисперсных частиц оксида алюминия и карбида кремния для повышения физико-механических свойств керамик на основе карбида вольфрама;

**введены** новые представления о влиянии адсорбированного кислорода, графита, упрочняющих частиц оксидов и карбидов на физико-механические свойства керамик на основе карбида вольфрама; новые представления о механизмах высокотемпературной деформации керамик на основе карбида вольфрама и влиянии на них исходного размера частиц порошков;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказана** физическая модель стадийности уплотнения нанопорошков карбида вольфрама и нанопорошков WC-Co при высокоскоростном электроимпульсном плазменном спекании, а также установлены факторы, влияющие на интенсивность уплотнения нанопорошков карбида вольфрама;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)** использованы технология электроимпульсного плазменного спекания, реализованная при помощи установки Dr.Sinter model SPS-625; технология плазмохимического синтеза с последующим восстановительным отжигом в водороде; методика осаждения кобальта из спиртового раствора солей с последующим отжигом; методики исследования микроструктуры и физико-механических свойств: металлография, растровая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, измерение микротвердости по Виккерсу, коэффициентов трещиностойкости по Палмквисту; рентгенофазовый анализ; методика измерения плотности гидростатическим методом;

**изложены** основы нового способа создания высокоплотной ультрамелкозернистой керамики на основе карбида вольфрама с высокими физико-механическими свойствами, которая может быть использована в качестве металлорежущего инструмента;

**раскрыты** необходимость оптимизации параметров ЭИПС керамик карбида вольфрама, а также необходимость подбора вида и концентрации графита и упрочняющих добавок для достижения керамиками требуемых физико-

механических характеристик;

**изучены** особенности влияния параметров электроимпульсного спекания, а также состава порошков карбида вольфрама на интенсивность уплотнения в процессе высокоскоростного электроимпульсного плазменного спекания;

**проведена модернизация** методики анализа кинетики спекания нанопорошков на основе карбида вольфрама, а также методик изготовления образцов карбида вольфрама с требуемыми физико-механическими характеристиками;

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

**разработаны и внедрены** способы анализа процессов высокоскоростного уплотнения нанопорошков на основе карбида вольфрама;

**определенны** стадийность процессов уплотнения нанопорошков при ЭИПС; факторы, влияющие на интенсивность спекания нанопорошков карбида вольфрама в процессе высокоскоростного нагрева;

**создана** технология получения керамик, обладающих высокими физико-механическими характеристиками - керамики из чистого карбида вольфрама имеют высокую относительную плотность (~99% от теоретической величины), УМЗ микроструктуру со средним размером зерна  $d \sim 0,1$  мкм, высокие значения твердости ( $Hv = 29$  ГПа) и трещиностойкости ( $K_{IC} = 5,3$  МПа· $m^{1/2}$ );

**представлены** предложения по дальнейшему исследованию и улучшению физико-механических характеристик керамик на основе карбида вольфрама, эксплуатирующихся при повышенных температурах и давлениях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** результаты исследований микроструктуры и прочностных характеристик получены с применением сертифицированного и аттестованного научного оборудования, соответствующего мировому уровню, хорошо согласуются друг с другом, подтверждаются верификационными экспериментами;

**теория** согласуется с полученными экспериментальными данными, а также с данными по теме диссертации, опубликованными в рецензируемых научных изданиях;

**идея базируется** на обобщении передового опыта и использовании оригинальных методик и моделей, разработанных при участии соискателя; **использованы** современные теоретические представления о механизмах влияния кислорода, углерода, а также частиц второй фазы на эволюцию зеренной микроструктуры и физико-механические характеристики керамик на основе карбида вольфрама, которые эффективно применяются научным сообществом по рассматриваемой тематике; современные методы поиска и обработки информации;

**установлено** совпадение следующих результатов с результатами в независимых источниках по данной тематике: качественное совпадение в оценке стадийности процесса спекания нанопорошков карбида вольфрама, качественное совпадение результатов анализа влияния адсорбированного кислорода и графита на эволюцию зеренной микроструктуры и фазовые превращения в керамиках на основе карбида вольфрама.

Результаты и выводы по диссертации представляют интерес для организаций, работающих в областях создания новых технологий получения керамик с повышенными прочностными и эксплуатационными характеристиками: ИГИЛ СО РАН, ИХТТМ СО РАН, НИТУ «МИСИС», ННГУ, ДФУ, ТПУ, ТГУ, МГТУ «Станкин», БелГУ, НИЯУ «МИФИ», ООО «ВИРИАЛ», Кировградский завод твердых сплавов, ООО «Победит» и др.

**Личный вклад соискателя** состоит в определяющем участии в планировании и реализации большинства экспериментов. Выбор, подготовка и отработка методики получения порошковых материалов, а также планирование экспериментов, спекание исследуемых образцов и обработка результатов экспериментов проводилась соискателем самостоятельно. Разработка моделей диффузионного массопереноса в процессе высокоскоростного спекания нанопорошков и установление стадийности уплотнения проводилась соискателем совместно с научным руководителем.

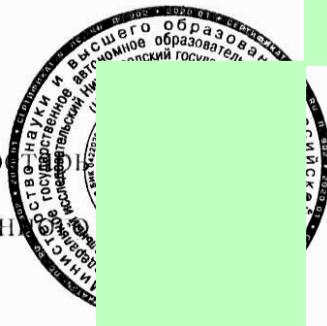
В ходе защиты диссертации критические замечания высказаны не были. Соискатель Ланцев Е.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и замечания, в ряде случаев приведя собственную аргументацию.

На заседании 14 февраля 2024 г. диссертационный совет принял решение:  
за решение научной задачи исследования механизмов высокоскоростного твердофазного спекания нанопорошков на основе карбида вольфрама, а также за разработку новых высокопрочных керамик и твердых сплавов на основе карбида вольфрама, которые имеют большое значение для создания отечественного металлорежущего инструмента с повышенными физико-механическими свойствами, присудить Ланцеву Е.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.8. Физика конденсированного состояния), участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 (нет) человек, проголосовали: за 13, против 0 (нет), недействительных бюллетеней 0 (нет).

Председатель

диссертационного совета



Чупрунов Евгений Владимирович

Марычев Михаил Олегович

Дата оформления Заключения 14.02.2024 г.