

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  
**ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА**  
**99.2.039.02**

созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение объединенного диссертационного  
совета от 13.10.2023 г. № 18

О присуждении Умерову Эмилю Ринатовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Получение керметов с использованием самораспространяющегося высокотемпературного синтеза керамических каркасов  $TiC$ ,  $Ti_3SiC_2$ ,  $Ti_3AlC_2$  и последующей самопроизвольной инфильтрации расплавами металлов  $Al$ ,  $Sn$ ,  $Cu$ » по специальности 2.6.17. Материаловедение принята к защите 22 июня 2023 г. (протокол заседания № 5), объединенным диссертационным советом 99.2.039.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки Российской Федерации, 443100, Самара, Молодогвардейская 244, и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Минобрнауки РФ, 443086, Самара, Московское шоссе, 34, приказ Минобрнауки РФ №45/нк от 30.01.2017 г.

Соискатель Умеров Эмиль Ринатович, 05.06.1995 года рождения, в 2018 году с отличием окончил очную магистратуру по направлению «Материаловедение и технологии новых материалов», в 2022 году окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» по направлению «Технологии материалов», научная специальность «Материаловедение (машиностроение)». С сентября 2020 по август 2022 работал в должности младшего научного сотрудника кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», а с июня 2023 по настоящее время в должности младшего научного сотрудника лаборатории «Цифровые двойники материалов и технологических процессов их обработки» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет», Минобрнауки РФ.

Диссертация выполнена на кафедре «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Амосов Александр Петрович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», кафедра «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», заведующий кафедрой.

**Официальные оппоненты:**

- Юхвид Владимир Исаакович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук, лаборатория жидкофазных СВС-процессов и литых материалов, заведующий лабораторией;

- Ковтунов Александр Иванович, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинский государственный университет», кафедра «Сварка, обработка материалов под давлением и родственные процессы», профессор.

**Ведущая организация** федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»), г. Москва, в своем положительном отзыве, утвержденным Филоновым Михаилом Рудольфовичем, д.т.н., профессором, проректором по науке и инновациям, подписанным Левашовым Евгением Александровичем, д.т.н., профессором, заведующим кафедрой порошковой металлургии и функциональных покрытий, директором Научно-учебного центра (НУЦ) СВС, Бычковой Мариной Яковлевной к.т.н., ученым секретарем той же кафедры, научным сотрудником НУЦ СВС, указала, что в работе содержится решение задачи по разработке нового простого энергосберегающего способа получения керамики-металлических композиционных материалов на основе сочетания процесса СВС керамического каркаса с процессом самопроизвольной инфильтрации расплавом металла, имеющей важное значение для развития материаловедения машиностроения.

Заключение содержит следующие замечания: использование выражения «невакуумное сжигание на воздухе» сужает смысл используемого сжигания на воздухе, так как оно применяется для получения СВС-каркасов вместо реакторного сжигания как в вакууме, так и в атмосфере инертного газа; не объяснены критерии выбора металлов и сплавов, используемых для проведения самопроизвольной инфильтрации; не объяснены конкретные показатели керамических каркасов, по которым оценивалась их однородность и бездефектность; не определена более детальная количественная зависимость пористости от габаритов кермета и ее распределения по объему кермета; влияние начальной температуры расплава на самопроизвольную инфильтрацию проведено не для всех металлов и сплавов; отсутствуют данные по прочности керметов на растяжение и/или изгиб; отсутствует оценка энергоемкости предлагаемого способа и сравнение с энергоемкостью традиционных методов получения керметов.

**Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 18 работ**, из них 4 в рецензируемых научных изданиях ВАК, 7 в изданиях, индексируемых БД Scopus и WoS, 1 патент РФ на изобретение. Вклад соискателя: постановка целей и задач, участие на всех этапах исследования, личное

проведение анализов и измерений физико-механических свойств, интерпретация результатов и формулировка всех основных положений и выводов.

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

1. Amosov, A. Producing TiC-Al Cermet by Combustion Synthesis of TiC Porous Skeleton with Spontaneous Infiltration by Aluminum Melt / A. Amosov, E. Amosov, E. Latukhin, P. Kichaev and E. Umerov // 2020 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE), Tomsk, Russia. – 2020. - P. 1057-1062.

2. Амосов А.П. Применение процессов инфильтрации и самораспространяющегося высокотемпературного синтеза для получения керметов. Обзор. / Амосов А.П., Латухин Е.И., Умеров Э.Р. // Известия вузов. Цветная металлургия. - 2021. - Т. 27. - No. 6. - С. 52–75.

3. Латухин Е.И. Формирование структуры и состава кермета TiC/Al при самопроизвольной инфильтрации расплава алюминия в пористый горячий каркас карбида титана, полученный методом СВС / Латухин Е. И., Амосов Е. А., Умеров Э. Р., Давыдов Д. М. // Научно-технические технологии в машиностроении. 2022. № 4. С. 3-12.

4. Амосов А.П. Получение длинномерного МАХ-кермета Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub>-Al методом СВС с самопроизвольной инфильтрацией расплавом алюминия / Амосов А.П., Латухин Е.И., Умеров Э.Р., Давыдов Д.М. // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2022. №3. С. 24–36.

5. Umerov, E.R. Preparation of Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub>-Sn(Pb) Cermet by SHS of Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub> Porous Skeleton with Subsequent Spontaneous Infiltration with Sn-Pb Melt / Umerov E.R., Latukhin, E.I., Amosov, A.P., Kichaev P.E. // International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis—2023. - Vol.32. – No. 1.- P.30–35.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы официальных оппонентов.**

В отзыве официального оппонента **Юхвида В.И.** указаны следующие критические замечания: Полезно изучить снижение пористости, используя газифицирующие добавки в исходную смесь на стадии получения каркасов, так как снижение закрытой пористости каркасов приведет к снижению пористости керметов и повышению их прочности. Не исследованы приемы увеличения однородности образцов СВС-керметов и равномерности распределения пористости в них. Рекомендовано рассмотреть замену кварца, как материала засыпки, на окись алюминия с целью облегчения отделения засыпки от СВС-керметов.

В отзыве официального оппонента **Ковтунова А.И.** сформулированы следующие замечания: В формулировках научной новизны не указаны конкретные научные результаты, а в формулировке цели работы отсутствует ожидаемый результат работы. Не указано оборудование, используемое для триботехнических испытаний получаемых материалов. На дифрактограмме СВС-каркаса рис 3.9 показано наличие фазы TiAl, а в тексте диссертации указывается наличие фазы TiAl<sub>x</sub>. Не обоснован объем легирования алюминиевого и медного расплавов медью, кремнием, магнием и оловом. В уравнениях с.77 и с.111 неверно составлены коэффициенты. Не представлены результаты внедрения или апробирования предложенной технологии для производства конкретных изделий из керамико-металлических композитов.

**На автореферат поступило 14 отзывов от:**

Финкельштейна А.Б. д.т.н., доц., проф. кафедры литейного производства и упрочняющих технологий Института новых материалов и технологий ФГАОУ ВО «Уральский Федеральный Университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург)

бург); Загуляева Д.В. д.т.н., доц. зам. начальника управления научных исследований ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (г. Новокузнецк); М.С. Егорова, к.т.н., доцента, зав. каф. «Материаловедение и технология металлов» ФГБОУ ВО «ДГТУ» (г. Ростов-на-Дону); Лапшина О.В. д.ф.-м.н., проф., зав.лабораторией математического моделирования физико-химических процессов в гетерогенных системах НИ ОСМ ТНЦ СО РАН (г. Томск); И.Р. Кузеева, д.т.н., проф., зав. каф. «Технологические машины и оборудование», В.А. Гафаровой, к.т.н., доц. этой же кафедры ФГБОУ ВО «УГНТУ» (г. Уфа); А.Н. Володченко, д.т.н., доцента, проф. каф. теоретической и прикладной химии ФГБОУ ВО «БГТУ» (г. Белгород); А.А. Ситникова, д.т.н., проф., директора производственного внедренческого комплекса прикладных исследований и разработок, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (г. Барнаул); М.Н. Каченюк, д.т.н., доц. кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций», ФГАОУ ВО ПНИПУ (г. Пермь); С.Я. Алибекова, д.т.н., проф., зав. каф. машиностроения и материаловедения ФГБОУ ВО «Поволжский ГТУ» (г. Йошкар-Ола); А.А. Поповича д.т.н., проф., директора Института машиностроения, материалов и транспорта и Н.Г. Разумова, к.т.н., доцента НОЦ «Конструкционные и функциональные материалы», ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (г. Санкт-Петербург); В.Ю. Дорофеева, д.т.н., проф., проф. каф. «Технология машиностроения, технологические машины и оборудование» ФГБОУ ВО «ЮРГПУ» (г. Новочеркасск); Ю.Л. Крутского, д.т.н., доцента кафедры «Химии и химической технологии» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (г. Новосибирск); Башковой Т.И., к.т.н., доцента кафедры «Материаловедение и технология новых материалов», ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре ГУ» (г. Комсомольск-на-Амуре); Жукова И.А., д.т.н., зав. лабораторией нанотехнологий металлургии и Зиатдинова М.Х., д.т.н., старшего научного сотрудника этой же лаборатории, ФГАОУ ВО «НИ Томский государственный университет» (г. Томск).

В замечаниях указано: Не обоснован выбор металлов, используемых для инфильтрации расплавов в СВС-каркасы. Не представлены изображения СЭМ микроструктуры полученных керметов и дифрактограммы РФА. Не предложена физико-математическая модель пропитки, описывающая процесс самопроизвольной инфильтрации расплава металлов пористые СВС-каркасы. Не представлены данные по прочности на растяжение полученных СВС-керметов. Не дана оценка снижения энергозатрат при производстве керметов по предлагаемой технологии по сравнению с существующими методами изготовления керметов. Не объяснено, с чем связана пониженная твердость карбида титана (10 ГПа, когда твердость стехиометрического составляет 26-32 ГПа). Отсутствуют рекомендации по используемым методам механической обработке полученных СВС-керметов. Не представлено сравнение физико-механических свойств полученных материалов с соответствующими характеристиками аналогов, изготовленных по известным технологиям.

Все отзывы положительные, отмечают актуальность темы диссертации, научную новизну и практическую значимость основных положений работы, соответствие диссертационной работы требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а её автор – Умеров Э.Р. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их** высокой компетентностью в области разработки новых композиционных керамико-металлических материалов, жидкофазных и твердофазных методов их получения, в том числе с применением процесса СВС, что подтверждается публикациями в научных изданиях в сфере исследования соискателя, а также наличием в ведущей организации диссертационного совета по данной научной специальности.

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

- **разработан** новый способ получения керамико-металлических композиционных материалов с применением процесса СВС, позволивший получить композиционные материалы  $TiC-Al$ ,  $Ti_3AlC_2-Al$ ,  $Ti_3SiC_2-Sn$  и  $Ti_3SiC_2-Cu$ ;

- **предложены** оригинальные схемы сочетания процессов горения и самопроизвольной инфильтрации, позволяющие регулировать структуру, фазовый состав и свойства синтезируемых СВС-керметов;

- **доказана** возможность получения керамико-металлических композитов с приблизительно равными объемными долями металла и керамики, синтезированной в режиме СВС без использования закрытого реактора с последующей самопроизвольной инфильтрацией расплавом металла без применения избыточного давления.

- **введено** понятие паузы между завершением СВС и началом инфильтрации расплавом металла, как технологического фактора, влияющего на возможность самопроизвольной инфильтрации расплава металла в СВС-каркасы, а также на его структуру и свойства.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

- **доказана** экспериментально достаточность тепловой энергии, выделяемой в процессе СВС  $TiC$ ,  $Ti_3AlC_2$  и  $Ti_3SiC_2$ , для обеспечения спекания данных керамических соединений в виде пористых каркасов, а также для их разогрева, обеспечивающего хорошее смачивание расплавами металлов  $Al$ ,  $Sn$ ,  $Cu$  и их сплавами.

- **применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс существующих базовых и современных методов исследования, экспериментальных методик с использованием аналитического подхода, что позволило получить новые научные и практические результаты при разработке нового подхода к получению керамико-металлических композитов;

- **изложены** представления о роли повышенной температуры, развиваемой в процессе СВС, в качестве фактора, определяющего смачиваемость керамики расплавом металла и его самопроизвольную инфильтрацию в пористые СВС-каркасы, а также структуру, фазовый состав и свойства получаемых таким образом СВС-керметов;

- **раскрыто** влияние легирующих добавок к металлу на особенности инфильтрации и взаимодействия с керамическим СВС-каркасом;

- **изучено** влияние дисперсности и марок порошкового сырья на макроструктуру пористого каркаса  $TiC$ , синтезируемого в режиме горения.

- **проведена модернизация** подходов к синтезу пористых СВС-материалов для обеспечения получения достаточно однородных и бездефектных заготовок для инфильтрации расплавов металлов.

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

- разработаны и внедрены в ООО «НефтеГазКомплект» и ООО «Самарский трибологический центр» СВС-композиты  $TiC-Al$ ,  $Ti_3AlC_2-(Al-12\%Si)$ ,  $Ti_3SiC_2-Sn$ , показавшие повышенные механические и триботехнические характеристики, на основании чего рекомендованы для использования в качестве легких и износостойких материалов для изготовления деталей нефтепромыслового оборудования с облегченным весом и работающим в абразивных средах, а также деталей узлов трения и автомобильных двигателей;

- определены оптимальные условия протекания процесса горения, обеспечивающие инфильтрацию расплавов металлов в самопроизвольном режиме без внешнего воздействия;

- созданы керамико-металлические композиты  $TiC-Al$ ,  $Ti_3AlC_2-Al$ ,  $Ti_3SiC_2-Sn$ ,  $Ti_3SiC_2-Cu$ ;

- представлены рекомендации по применению процесса СВС керамического каркаса и самопроизвольной инфильтрации расплава металла в виде схем, обеспечивающих получение композиционных материалов  $TiC-Al$ ,  $Ti_3AlC_2-Al$ ,  $Ti_3SiC_2-Sn$ ,  $Ti_3SiC_2-Cu$ .

#### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с использованием аттестованных методов и методик, с применением современного программного обеспечения;

- теория построена на известных данных закономерностях процесса СВС керамических соединений и смачивания керамических материалов расплавами металлов и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

- идея базируется на использовании высокой экзотермичности реакций синтеза  $TiC$ ,  $Ti_3SiC_2$ ,  $Ti_3AlC_2$  для их саморазогрева, обеспечивающего их смачивание жидкими металлами;

- использованы результаты экспериментальных исследований предложенного нового способа получения керамико-металлических композитов;

- установлено качественное и количественное совпадение полученных экспериментальных и теоретических результатов между собой и с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

**Личный вклад соискателя состоит** в постановке целей и задач, определяющих научную новизну и практическую значимость работы; участии на всех этапах процесса исследования получения керамико-металлических композитов; в непосредственном участии в проведении подготовки и исследованию образцов, в измерениях, интерпретациях результатов и формулировке всех основных положений; непосредственном участии в подготовке всех основных опубликованных работ по результатам диссертации, выполненных в творческих коллективах, что отражено в составе авторов опубликованных работ.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- 1) Оценивалась ли пластичность полученных СВС-керметов? 2) Что принималось за предел прочности при испытании керметов на сжатие? Какое назначение разрабатываемых керметов? 3) Что является дефектом в СВС-керметах? Как оценивать дефекты? Присутствует ли анизотропия свойств в СВС-керметах? 4) Оценивались ли

механические свойства на сдвиг, хрупкость? 5) Возможна ли организовать серийное производство СВС-керметов? Каковы максимальные габариты изготавливаемых СВС-керметов? 6) Каковы свойства непропитанного СВС-каркаса? На сколько важно смачивание керамики расплавом металла? 7) Какова роль СВС в получении керметов? Какие фазы образуются после пропитки? Как они влияют на свойства получаемых керметов? 8) Почему использовался термин условный предел прочности? 9) Почему отличается уровень интенсивности пиков на дифрактограммах похожих образцов керметов? 10) Какие параметры СВС оценивались? 11) Какая начальная пористость СВС-каркасов и остаточная пористость после пропитки? 12) Как происходит разрушение СВС-керметов, где зарождаются трещины? 13) Масштаб областей керамики и металла в СВС-кермете?

Соискатель Умеров Э.Р. ответил на высказанные в ходе заседания замечания и привел собственную аргументацию:

1) О пластичности частично можно судить по результатам испытаний на сжатие, по которым видно, что образцы теряли несущую способность не одновременно, а постепенно. 2) Нагрузка при появлении первых трещин принималась за предел прочности при сжатии. Разрабатываемые керметы могут применяться в основном при нагрузке сжатия как электроконтактные материалы и для триботехники. 3) Основным дефектом керметов является остаточная пористость. Она оценивалась через измерение плотности. Анизотропия свойств присутствует, так как была установлена неоднородность структуры и фазового состава по длине керметов. 4) Механические свойства на сдвиг и хрупкость специально не изучались, ограничились испытаниями на сжатие, общепринятыми для керметов при большом содержании керамической фазы. 5) Серийное производство керметов возможно организовать, так как не требуется сложное оборудование и специальные условия. Максимальные габариты получаемых керметов зависят от используемых материалов и условий синтеза, могут достигать 200 мм в одном измерении. 6) Непропитанный каркас является хрупким пористым керамическим телом. Смачивание керамики обеспечивает самопроизвольную инфильтрацию расплава металла в поры керамики. 7) СВС позволяет разогревать синтезируемую керамику до высоких температур, при которых обеспечивается хорошее смачивание металлами. При пропитке металлами происходит химическое взаимодействие с керамикой, в результате которого образуются побочные фазы: интерметаллиды и  $Al_4C_3$  в кермете  $TiC-Al$  и  $Ti_3AlC_2-Al$ , и  $TiC$ ,  $TiSi_2$  в случае пропитки  $Ti_3SiC_2$ . Побочные фазы, как правило, приводят к повышенной хрупкости керметов. 8) Термин «условный предел прочности» использовался, так как он относился к нагрузке при появлении первых трещин, но кермет сохранял несущую способность и при дальнейшем повышении нагрузки. 9) Это может быть связано с методикой проведения РФА, пробоподготовкой, настройками дифрактометра и т.д. 10) Скорость горения, как наиболее важный фактор в разрабатываемом способе получения керметов. 11) Начальная пористость СВС-каркасов составляет около 50%, а после пропитки остаточная пористость составляет 5-10%. 12) Трещины зарождаются в незаполненных металлом, остаточных порах композита. 13) Металл содержится в порах каркаса, диаметр большей части которых от 10 до 500 мкм.

На заседании 13 октября 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Умерову Эмилю Ринатовичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение за решение научной задачи по разработке нового способа получения керамики-металлических композиционных материалов на основе сочетания процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза пористого керамического каркаса с последующей самопроизвольной инфильтрацией расплавом металла, имеющей важное значение для развития материаловедения.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 15, против - 0.

Председатель диссертационного  
совета 99.2.039.02



Клебанов Яков Мордухович

Секретарь диссертационного  
совета 99.2.039.02

Луца Альфия Расимовна

13 октября 2023 г.