

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной и инновационной работе, кандидат химических наук

Наук

Беушев Александр Анатольевич

___ 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»

Диссертация Канапинова М.С. «Технологические принципы формирования физико-механических свойств пористых проницаемых металлокерамических СВС – материалов на основе порошков окалины легированной стали и минералов» выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» в «Проблемной научно-исследовательской лаборатории самораспространяющегося высокотемпературного синтеза им. В.В. Евстигнеева».

В период подготовки диссертации соискатель Канапинов Медет Серикович обучался в заочной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ, г. Барнаул).

Диплом об окончании аспирантуры выдан 19 июня 2021 года в АлтГТУ, г. Барнаул.

Справка о сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.6.5 «Порошковая металлургия и композиционные материалы» выдана в 2023 году в ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Тема диссертационной работы утверждена решением ученого совета факультета специальных технологий, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» от «17»ноября 2015 г., протокол № 3.

Научный руководитель – Ситников Александр Андреевич, доктор технических наук, профессор, директор производственного внедренческого комплекса прикладных исследований и разработок ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», утвержден приказом № Л-4059а от 18.11.2015 г.

На заседании присутствовали:

Ситников Александр Андреевич, профессор, д-р техн. наук; Яковлев Владимир Иванович, вед. науч. сотр., канд. техн. наук; Иконников Алексей Михайлович доцент, д-р. техн. наук; Логинова Марина Владимировна, ст. науч. сотр., канд. техн. наук; Собачкин Алексей Викторович, ст. науч. сотр., канд. техн. наук; Филимонов

Валерий Юрьевич, профессор, д-р физ.-мат. наук.; Леонов Сергей Леонидович, профессор, д-р техн. наук; Яковлева Наталья Анатольевна, инженер; Мясников Андрей Юрьевич, зав. лабораторией; Канапинов Медет Серикович, соискатель.

По итогам обсуждения принято следующее **заключение**:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертационная работа Канапинова М.С. посвящена изучению одной из эффективных технологий получения изделий с уникальными свойствами, является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Пористые проницаемые материалы, получаемые с использованием технологии СВС, обладают рядом преимуществ: низкая энергоемкость получения изделий, возможность использования отходов машиностроения и металлургии, изготовление материалов с требуемыми физико-механическими и функциональными свойствами.

Фильтры, полученные из порошковых смесей по СВС-технологиям, при использовании их на энергетических и автотранспортных агрегатах подвержены различным механическим воздействиям. В этой связи является актуальным обеспечение требуемой механической прочности и эксплуатационных свойств изделий.

Задача повышения механической прочности и фильтрующих свойств СВС-материалов может быть решена по следующим направлениям: управлением составом материалов путем подбора порошковых компонентов шихты, обладающих при этом каталитическими свойствами; изменением структуры ППММ; управлением технологическими режимами подготовки и получения материалов.

Обеспечение требуемых каталитических свойств СВС-материалов на основе окислы легированной стали путем замены редкоземельных материалов минералами с каталитическими свойствами носит не только экологическую, но и экономическую значимость.

Дальнейшее использование пористых проницаемых СВС-материалов в фильтрах нейтрализаторах для дизелей транспортных и энергетических установок невозможно без решения задачи исследования процессов синтеза ППММ из порошковых материалов с металлокерамической матрицей; изучения структуры и свойств изделий. На основании вышеизложенного тема диссертационной работы является актуальной.

В целом, диссертация Канапинова М.С. «Технологические принципы формирования физико-механических свойств пористых проницаемых металлокерамических СВС – материалов на основе порошков окислы легированной стали и минералов» является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Канапинову М.С., они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации заключается в постановке цели и задач исследования, определении методов анализа пористых проницаемых металлокерамических СВС-материалов, изготовлении изделий, разработке составов порошковых смесей для получения заданных материалов в качестве фильтрующих элементов отработавших газов ДВС, экспериментальном исследовании физико-механических характеристик изделий, ана-

лизе полученных результатов, написании статей по теме исследования.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность и обоснованность основных экспериментальных результатов обеспечивается проведением исследований с помощью современного высокотехнологического и аналитического оборудования, использованием взаимодополняющих методов изучения структуры и механических свойств материалов, а также применением статистических методов обработки данных.

Новизна результатов исследований

1. Установлена взаимосвязь между химическим составом исходной шихты и физико-механическими свойствами ППММ:

- введение оксида хрома в базовую смесь более 17,5 масс. % повышает температуру реакции, резко интенсифицирует процесс газоотвода, что приводит к образованию оксидов железа, увеличению диаметра пор, уменьшению пористости, снижению механических свойств;

- введение в состав шихты хрома до 8 масс. % приводит к более равномерному распределению металлокерамического компонента в каркасе, увеличению модуля упругости, прочности на сжатие и изгиб, уменьшению среднего диаметра пор, увеличению пористости;

- введение никеля до 12 масс. % в исходную шихту обеспечивает формирование в реакционной системе интерметаллических соединений, приводит к увеличению модуля упругости, прочности на сжатие и изгиб, уменьшению среднего диаметра пор и пористости. Введение никеля более 12 масс. % в реакционную смесь замедляет скорость реакции, увеличивается объем жидкой фазы.

2. На основе структурно - фазового анализа установлено, что введение в шихту минералов (монацита, бастнезита) фактически не изменяет микроструктуру материала, а фазовое различие определяется появлением церия, оксидов церия и тория. Увеличение концентрации монацита и бастнезита в шихте до 17 масс. % приводит к снижению прочности ППММ на сжатие и на изгиб, увеличению среднего диаметра пор и пористости материала.

3. На основе данных экспериментов получены аналитические зависимости между физико-механическими свойствами (модуль упругости, прочность на сжатие, прочность при изгибе, а также пористость) пористых проницаемых металлокерамических материалов и содержанием в базовой шихте компонентов никеля, хрома и оксида хрома.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость полученных в работе данных заключается в расширении знаний об особенностях СВС-процесса при синтезе порошковых композиционных материалов с металлокерамической матрицей. Полученные данные свидетельствуют о том, что изменяя состав порошковой шихты путем введения легирующих добавок и минералов можно в широких пределах управлять структуро-фазаобразованием и физико-механическими свойствами получаемых материалов при проведении СВС-реакции во фронтальном режиме.

Практическая значимость диссертационной работы основана на возможности использования полученных результатов при решении задач, актуальных для ряда отраслей промышленного производства.

Замена редкоземельных материалов церия и тория введением в исходную шихту порошков монацита или бастнезита позволяет снизить себестоимость полученных фильтров-нейтрализаторов.

Результаты экспериментальных данных аппроксимированы, получены аналитические зависимости, предложен алгоритм и программа для расчета процентного содержания компонентов шихты в зависимости от требуемых физико-механических свойств ППММ.

Результаты диссертационной работы переданы для внедрения на предприятии ООО "МАЗСЕРВИС" (г. Барнаул) и используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» при реализации образовательных программ в области материаловедения, порошковой металлургии и композиционных материалов.

Ряд исследований в данной работе проводились в рамках государственного Задания № FZMM-2020-0002 и FZMM-2023-0003 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Ценность научных работ соискателя

Исследования проведены на высоком научном уровне с использованием широко известных методов и методик. В работе нашли применение как теоретические, так и экспериментальные методы исследования, хорошо известные и апробированные на практике, и специально разработанные для решения поставленных задач. Достоверность результатов достигнута выбором современных методов и средств измерений, соблюдением требований стандартов, периодической поверкой и тарировкой приборов, анализом и контролем погрешностей.

Аналитические исследования в работе основывались на фундаментальных положениях материаловедения, неорганической химии, физики горения, математического аппарата физической химии и технической физики, дифракции рентгеновских лучей (формула Вульфа-Брегга).

Экспериментальные исследования по теме диссертации выполнялись с использованием оборудования и аналитических программ, а именно: дифрактометр марки ДРОН-6 с трубкой CuK_{α} -излучением; оптический микроскоп *Carl Zeiss Axio Observer Z1m*; газоанализаторы *MEXA-321E*, *RS-325L*; дымометр *EFAW65A BOSH*, универсальная гидравлическая машина P-10.

По результатам диссертационной работы опубликованы 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК России, 3 статьи в журналах, входящих в базу данных SCOPUS и 5 докладов и тезисов в сборниках трудов и материалов Международных и Всероссийских конференций, две монографии.

Материалы исследований, теоретических разработок и экспериментальных исследований по теме диссертационной работы доложены на конференциях и семинарах: 5 научно-технических конференций Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова (АлтГТУ) в 2015–2020 гг.; I Всероссийской научно-практической конференции Донского государственного технического университета в 2016 г., г. Таганрог; V Всероссийской научно-практической конференции Рубцовского индустриального института (филиала АлтГТУ) в 2015г., г. Рубцовск; XVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием) Рубцовского индустриального института (филиала АлтГТУ) в 2016г., г. Рубцовск; VIII Международной научно-практической конференции Юргинского технологического института в 2017 г., г. Юрга; научно-технических семинарах АлтГТУ в 2015–2023 гг.

Специальность, которой соответствует диссертация

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 2.6.5 в частности:

п.1 «Изучение закономерностей физико-механических, физико-химических процессов получения дисперсных систем в виде частиц и волокон из материалов на основе металлов, сплавов, интерметаллидов, керамики, углеродных и других соединений. Создание технологии получения этих материалов и оборудования. Термодинамика и кинетика взаимодействия и фазовых превращений в порошковых материалах. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез материалов;

п. 2 «Исследование и моделирование физико-химических процессов получения полуфабрикатов и изделий из порошковых, композиционных материалов с металлической, углеродной, керамической матрицей и армирующими компонентами различной неорганической природы, разработка оборудования и технологий;

п. 5 «Изучение структуры и свойств порошковых, композиционных материалов, покрытий и модифицированных слоев на полуфабрикатах и изделиях, исследования процессов направленной кристаллизации изделий из порошковых и композиционных материалов, разработка технологий и оборудования».

В работе объектом исследования являются пористые проницаемые металлокерамические материалы, изготовленные по технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Предмет исследования - влияние концентрации компонентов шихты на физико-механические и эксплуатационные свойства СВС-фильтров отработавших газов ДВС.

Полнота изложения материалов диссертации находит свое отражение в следующих опубликованных работах

Публикации в центральных изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Бакланов, А. Е. Получение пористых проницаемых металлокерамических СВС–материалов с использованием руд полиметаллов взамен редкоземельных элементов / А. Е. Бакланов, **М. С. Канапинов**, С. А. Малашина, Т. В. Новоселова, А. А. Ситников, Н. П. Тубалов // Ползуновский вестник. – 2016. – №2. – С. 205–212.

2. **Канапинов, М.С.** Пористые проницаемые каталитические металлокерамические материалы с использованием руд полиметаллов [Текст]/ М.С. Канапинов // Ползуновский вестник. – 2017. – № 4 – С. 156–163.

3. Яковлева, О.В. Пористые проницаемые металлокерамических СВС–материалов с использованием руды монацита / О. В. Яковлева, А. А. Ситников, Н. П. Тубалов, М. А. Коломеец, Т. В. Новоселова, **М. С. Канапинов** // Ползуновский вестник – 2017. – №7. – С. 119–128.

4. Канапинов, М.С. Пористые проницаемые металлокерамические материалы на основе оксидов железа с добавками размола руд полиметаллов / **М.С. Канапинов**, А.В. Маецкий, А.А. Ситников, Н.П. Тубалов, В.В. Ковалев // Новые огнеупоры. – 2018. – №7. – С. 58–65.

5. Канапинов, М.С. Влияние технологических процессов на физико-механические свойства вибростойких пористых проницаемых металлокерамических материалов / **М.С. Канапинов**, Г.М. Кашкаров, О.В. Яковлева, А.А. Ситников, Н.П. Тубалов // Ползуновский вестник. – 2018. – №2 – С. 140–145.

6. Канапинов, М.С. Металлокерамические пористые проницаемые мате-

риалы с каталитическими свойствами / **М.С.Канапинов**, Г.М. Кашкаров, Т.В.Новоселова, А.А.Ситников, Н.П.Тубалов // Перспективные материалы. – 2019. – № 1. – С. 54–64.

7. **Канапинов, М.С.** Пористые проницаемые металлокерамические СВС–материалы на основе окалины легированной стали природного минерала ильменита / Канапинов М.С., Г.М. Кашкаров, Т.В. Новоселова, А.А. Ситников, Н.П. Тубалов, О.В. Яковлева // Перспективные материалы. – 2020. – № 6. – С. 38–46.

8. **Канапинов, М.С.** Использование руды ксенотима при получении пористых проницаемых каталитических материалов для очистки отработавших газов дизелей в нейтрализаторах / Канапинов М.С., Горлова Н.Н., Медведев Г.В., Свистула А.Е. // Ползуновский вестник. – 2020. – № 4. – С. 147–152.

Научные издания Web of Science и Scopus

9. Kanapinov, M.S. Ceramic Porous Materials with Catalytic Properties / M.S. Kanapinov, G.M. Kashkarov, T.V. Novoselova, A.A. Sitnikov, N.P. Tubalov // Inorganic Materials: Applied Research. – 2019. – Vol. 10, No. 5, pp. 1085–1092.

10. Kanapinov, M.S. Porous Permeable Cermet Materials Based on Iron Oxides with Additions of Ground Polymetal Ores / M.S. Kanapinov, A.V. Maetskii, A.A.Sitnikov, N.P.Tubalov & V.V. Kovalev // Refractories and Industrial Ceramics – 2018. – vol.59, iss.4. pp. 378–385.

11. Kanapinov, M.S. Permeable cermet shs-materials based on alloy-steel scale and ilmenite for cleaning diesel engine exhaust gases / G.M. Kashkarov, O.A. Lebedeva, N.P. Tubalov, O.V. Yakovleva, T.V. Novoselova // Refractories and Industrial Ceramics. – 2019. – Т. 60, № 3. – С. 271–274.

12. Kanapinov, M.S. Effect of charge components on the physical and mechanical properties of porous permeable cermet / G.M. Kashkarov, N.P. Tubalov, T.V. Novoselova, L.V. Tolmacheva // Refractories and Industrial Ceramics. – 2021. – Т. 61, № 6. – Р. 671–674.

В других изданиях

13. **Канапинов, М.С.** Пористые проницаемые СВС–материалы на основе оксидов железа и алюминия с использованием руд полиметаллов / Г.М. Кашкаров, А.А. Ситников, Н.П. Тубалов, О.В. Яковлева // Ползуновский альманах. – 2019. – № 3. – С. 103–111.

14. **Канапинов, М.С.** Пористые СВС–материалы на основе окалины легированной стали природного минерала ильменита / Г.М. Кашкаров, Т.В. Новоселова, А.А. Ситников, Н.П. Тубалов, О.В. Яковлева // Ползуновский альманах. – 2019. – № 3. – С. 129–135.

15. **Канапинов, М.С.** Свойства вибростойких пористых СВС–материалов, связанных с изменением технологических процессов / Г.М. Кашкаров, А.А. Ситников, Н.П. Тубалов, О.В. Яковлева // Ползуновский альманах. – 2019. – № 3. – С. 142–146.

Монография

16. Бакланов, А.Е. СВС–материалы для очистки отработавших газов дизелей: монография / А.Е. Бакланов, О.Е. Бакланова, **М.С. Канапинов**, С.Б. Канапинов, А.В. Маецкий, Т.В. Новоселова, А.А. Ситников, Н.П. Тубалов // Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГТУ, 2016. – 131 с.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Работа Канапинова Медета Сериковича на тему «Технологические принципы формирования физико-механических свойств пористых проницаемых металлокерамических СВС – материалов на основе порошков окалины легированной стали и минералов» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Технология машиностроения» и «Проблемной научно-исследовательской лаборатории самораспространяющегося высокотемпературного синтеза им. В.В. Евстигнеева». Присутствовало на заседании 9 человек. Результаты голосования: «За» – 9, «Против» – нет, «Воздержалось» – нет, протокол № 3 от «26» марта 2023 г.

Председатель расширенного заседания
профессор кафедры «Технология машиностроения»
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»,
доктор технических наук, профессор



Сергей Леонидович Леонов

Секретарь расширенного заседания
ведущий научный сотрудник
ПНИЛ СВС им. В.В. Евстигнеева
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»,
кандидат технических наук



Владимир Иванович Яковлев